



Veronika Lehmus

**AJUTISTE LIIKLUSKORRALDUSE
TÜÜPSKEEMIDE ANALÜÜS JA
PARANDUS ETTEPANEKUD**

LÕPUTÖÖ

Logistikainstituut

Transpordi- ja liikluskorralduse õppekava

Juhendaja: Mihhail Kirejev

Tallinn 2024

Mina, Veronika Lehmus,

tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja Mihhail Kirejev */allkirjastatud digitaalselt/*

Lõputöö on kaitsmisele lubatud logistikainstituudi direktori korraldusega.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Veronika Lehmus (sünnikuupäev: 02.08.2001) annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose „Ajutiste liikluskorralduse tüüpskeemide analüüs ja parandus ettepanekud“

1. reprodutseerimiseks paberkandjal kõrgkooli raamatukogus avaldamise ja säilitamise eesmärgil;
2. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;
3. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;
2. PDF-failina esitatud töö vastab täielikult kirjalikult esitatud tööle.

Tallinnas */allkirjastatud digitaalse /*, kuupäev allkirjas

SISUKORD

SISSEJUHATUS	4
1 TEOORIA	6
1.1 Ajutise liikluskorralduse olemus	6
1.1.1 Liikluskord ja liiklus Eesti maanteedel	7
1.1.2 Ajutine liikluskorraldus, protsessi ülevaade.....	8
1.1.3 Ajutist liikluskorralduse teenuse pakkuvad ettevõtted Eestis	11
1.2 Ajutise liikluskorralduse mõjutavad tegurid	12
1.2.1 Ohutuse ja efektiivsuse tähtsus ajutisel liikluskorraldusel	13
1.3 Ajutise liikluskorralduse tüüp skeemid	14
1.4 Ajutise liikluskorralduse ohutus.....	15
1.4.1 Ajutise liikluskorralduse riskid ja ohud	16
1.4.2 Liiklusohutuse parandamist mõjutavad tegurid	17
1.5 Ajutiste liikluskorraldus skeemide projekteerimine.....	18
1.5.1 Projekteerimise põhimõtted.....	18
1.6 Ajutiste skeemide rakendamise ja ülalpidamise kulud	19
1.7 Innovatsioon ajutises liikluskorralduses.....	20
1.8 Tehnoloogiliste ja analüütiliste tööriistade kasutamine kulude vähendamiseks	23
2 KASUTATUD METOODIKA	25
2.1 Uurimuse strateegia ja meetodi valik	25
2.2 Intervjuude küsimused ja korraldus	26
2.3 Ajutise liikluskorralduse skeemi valik	27
2.4 Tüüpskeemi nr. 23 modelleerimine ja simulatsioon.....	27
2.5 Mõõdikute defineerimine ja andme analüüs	30
3 TULEMUSED JA JÄRELDUSED	31
3.1 Intervjuu tulemused.....	31
3.2 Modelleerimise tulemused ja kulude arvestus	33
3.3 Võrdlus analüüs.....	36
3.4 Parandus ettepanekud.....	38
KOKKUVÕTTE	39
SUMMARY	41
VIIDATUD ALLIKAD	43
Lisa 1. Üldtähistuse tüüpskeemid.....	48

Lisa 2. Üldtähistuse tüüpskeemid.....	49
Lisa 3. Ümbersuunamise tüüpskeemid.....	50
Lisa 4. Tee kitsenemise tüüpskeemid	54
Lisa 5. Jalakäijate ja jalgratturite suunamise tüüpskeemid	60

SISSEJUHATUS

Ajutiste tüüpskeemide teema viimasel ajal, on saanud suurema aktuaalsuse, kuna tänapäeval suuremate teetööde tõttu, liiklejate ohutus sõltub otseselt sellest, kuidas skeemid on koostatud ja rakendatud. Teiseks tüüpskeemide ohutuse teemat tõstavad ise liikluskorraldusteenust pakkuvate ettevõtete liikluskorraldajad.

Ajutine liikluskorraldus on teetöö või avaliku ürituse läbiviimiseks vajalik liikluskorraldus, mis kehtestatakse kindlaks ajaperioodiks Ajutine liikluskorraldus peab olema üheselt mõistetav ning arvestama teel kehtivat liikluskorraldust, liiklusolusid, teel toimuva tegevuse kestust ja iseloomu.

Iga ajutist liikluskorraldust nõudva tegevuse puhul koostatakse liikluskorralduse projekt, millele lisatakse jooniseid vastavalt tööde teostamisele. Transpordiameti poolt välja toodud tüüpskeemid hõlmavad reguleerijate, fooride, ajutist kiiruspiirangute kasutamist, teetööde üldmärgistust, täielikku tee sulgemist, ümbersõitu, kitsenemist, eesõigus märgite kasutamist, jalakäijate ümbersuunamist, tee ohumärgistust. Tüüpskeemide peamine nõrk koht seisneb selles, et neid ei ole alati võimalik võrrelda olukorraga, mis nõuab liikluse ajutist korraldamist. Tüüpskeeme kasutatakse näitena reaalsete projektide kaardile koostamiseks või kasutatakse tüüpskeemiga ajutise liikluslahendusena.

Käesoleva lõputöö peamiseks põhiprobleemiks sai määratud transpordiameti poolt koostatud ajutise liikluskorralduse tüüpskeemid, mis tänapäeval on aegunud, ning vajavad uuendust, lähtudes suureneva ühiskonna surve poolepealt, just viimase ohutuse ja sujuvuse osas. Mitmed representatiivsed allikad viidavad, vaadeldavate skeemide ebaturvalisele ning keerukusele.

Lõputöö autor, käsitleva uurimuse käigus, soovib leida vastuolusid ajutise liikluskorralduse tüüpskeemides ja kehtivates standardites, analüüsides tehnilisi nõudeid ja seadusi. Uurida, kas tüüpskeemid vastavad kaasaegsetele ohutusnõuetele, samuti kuidas on skeemid orienteeritud liiklejatele. Seetõttu autor kavatseb käsitleda kolm uurimisküsimust:

1. Milliseid tüüpskeeme kasutatakse tänapäeval kõige sagedamini liikluse ajutise korraldamise meetmena Eesti maanteedel?
2. Kas enamkasutatavates tüüpskeemides on kitsaskohti mis oma korda on seotud, kulu ja liiklusohutusega, ning mida saab nende näitajate kvaliteedi parandamiseks muuta.
3. Millist mõju avaldavad enamkasutatavate tüüpskeemide muudatused organisatsioonidele ja liikluskorraldajate majandustulemustele?

Käesoleva lõputöö struktuurse ülesehituse poolepealt, autor toob välja järgnevaid osasid: teooria, metodoloogia ja empiiriline osa. Teoreetiline osa sisaldab Eestis kehtivate tüüpskeemide olukorra kirjeldust vastavalt ohutuskriteeriumidele ja seadustele. Eestis tüüpskeemide toimimise olukorrahetkeanalüüsi ja rahvusvahelisi tüüpiliste ajutiste liiklusskeemide ülevaadet. Lõputöö teises osas toob autor esile uurimismeetodite kirjeldust. Peamiseks andme kogumise meetodiks kavatseb autor läbi viia intervjuu e-posti teel ajutise liiklusega seotud asutuste seas. Intervjuu osalejateks tööautor näeb: transpordiosakond, ajutist liikluskorraldusteenust pakkuvad ettevõtted ja teede insenerid. Teismeliseks uurimismeetodiks on erinevatest teadusartiklitest andmete kogumine, seaduste ning standardite ülevaade ja analüüs. Empiiriline osa koosneb intervjuu tulemuste analüüsist, artiklitest ja seadustest saadud andmete töötlemisest ning simulatsioonide tulemuse analüüsimisest.

Lõputöö autor avaldab lugupidavat tänu oma juhendajale Mihhail Kirejevile, kes andis väärtusliku panuse selle töö kirjutamisse, kes mitu kuud näitas õiget suunda, aitas kõikides küsimustes, oli alati kättesaadav ja toetav. Autor avaldab mitte vähem lugupidavat tänu Waymark OÜ-le selle eest, et ettevõtte juht andis võimaluse läbida antud ettevõttes praktika, mis aitas kaasa lõputöö teema otsustamisele, samuti hankida vajalik materjal töö enda kirjutamise eest. Autor avaldab tohutut austust ja tänu oma perekonnale, kes autori alati edasi lükkas, mõttekäigus aitas ja ööpäevaringselt toetas.

1 TEOORIA

1.1 Ajutise liikluskorralduse olemus

Ajutine liikluskorraldus on vajalik ehitus- või remonditööde ja avalike ürituste toimumiseks ning kehtestatakse määratud ajavahemikuks. Viimase eesmärk on tagada, et liiklejatele oleks muudatus ühiselt arusaadav ja ohutu, arvestades liiklusolusid, toimuvate tööde olemust ning kestust. Mis oma korda tähendab, et esitatav teave peab olema selgelt nähtav ja loetav nii päeval kui ka öösel. See hõlmab valgustust ja märgistust, et tagada ohutus ja teabe mõistetavus igal ööpäeva kellaajal. Ajutist liikluskorraldust tuleb kohandada vastavalt teetöö või avaliku ürituse iseloomule ning selle asukoha muutustele. Teetööde alt käesoleva lõputöö autor mõistab – asjaolu kus „teetöö“ on tegevus mis hõlmab töid või tegevusi teel, tee kaitsevööndis, nende all või kohal. See tähendab, et kui töö iseloom või asukoht muutub, tuleb ka liikluskorraldust vastavalt ajakohastada. Ajutise liikluskorraldusega kehtestatud piirangud peavad olema sobivad, vajalikud ja mõõdukad. See tähendab, et piirangud ei tohi olla liigsed ning nende eesmärk peab olema asjakohane ja vajalik, et tagada ohutus ja liikluse sujuvus ajutise korralduse ajal [1].

Kui ajutine liikluskorraldus lõpeb, taastatakse endine liikluskorraldus või kehtestatakse uus korraldus vastavalt teeomaniku otsusele. Kui ajutine liikluskorraldusvahend paigaldatakse, tuleb kohe peatada vastuolus oleva või segadust tekitava püsiva liikluskorraldusvahendi kehtivus, et vältida segadust liiklejate jaoks. Ajutise liikluskorralduse kehtimise ajal tuleb tagada inimeste juurdepääs nende elukohtadele ja kinnisvarale nende soovitud liikumisviisil, kui see juurdepääs eksisteeris enne ajutise liikluskorralduse kehtestamist. See tähendab, et liikluskorralduse ajal tuleb võimaldada inimestel jõuda oma elukohtadele ja vara juurde vastavalt võimalustele ja ilma oluliste piiranguteta [2].

Kui sõidukiga juurdepääsu tagamine teetööde või avaliku ürituse ajal pole otstarbekas, tuleb teetööde tegijal ja avaliku ürituse korraldajal saavutada kokkulepe mõjutatud isikutega, et leida parim võimalik lahendus juurdepääsu tagamiseks. Teeomanik võib lubada juurdepääsu sulgemist, kui on kaalukas avalik huvi, näiteks liikluse ohutuse või töö tõhususe tagamiseks. Ajutise piirangu, keelu või kohustuse kehtestamisel antakse sellest liiklejatele eelnevalt teada liiklusmärkidega nii teel, kus piirang kehtib, kui ka vajadusel ristuväljakul. See aitab liiklejal valmistuda ja järgida ajutist liikluskorraldust [3].

Ajutise liikluskorraldusega kehtestatud piirangud, keelud ja kohustused tuleb korralikult dokumenteerida vastavalt kehtivatele nõuetele, et tagada selgus ja jäljekindlus. Kõikidel teetöödega

seotud sõidukitel peab olema vähemalt üks nõuetele vastav ja igas suunas nähtav kollane vilkur või vilkurite kombinatsioon, et märku anda nende tegevusest ja tagada liiklusohutus teetööde piirkonnas [4].

1.1.1 Liikluskord ja liiklus Eesti maanteedel

Maantee on kujundatud ala väljaspool linnu ja aleveid, kus on mõeldud nii sõidukite (sealhulgas liikurmasinatega) kui ka jalakäijate liikumiseks. Maantee hõlmab Eesti Normide poolt määratletud tarindit ja elemente, milleks on teemaad, mis on eraldatud nende paigutamiseks ja korrashoiuks ning mille üle ulatub õhuruum, mis on piiratud ohutusgabariitidega. Autor lisab selle seisundi selgitamiseks joonise (Joonis 1), kujutades Eesti Normide kohaselt projekteeritud riigiteed.



Joonis 1. Riigimaantee nr 44 (Nordecon, 2014)

Eesti Vabariigis asuvad maanteed on liikluse seisukohast jaotatud järgmiselt:

1. Üldkasutatavad maanteed, mis on avatud kõigile liiklejatele.
2. Piiratult kasutatavad maanteed, millel sõidukid võivad liigelda maantee omaniku või haldaja loal ning vastavalt käesolevas seaduses määratletud tingimustele [5].

Maanteel liiklevate sõidukite mõõtmised ja muud tehnilised parameetrid peavad vastama Eesti Normidele. Sõidukid on kohustatud säilitama maanteid, vältides nende kahjustamist, risustamist või saastamist. Maanteel liiklevate sõidukite juhid ja jalakäijad peavad järgima vabariigi liikluseadust. Maantee eriotstarbeline kasutamine muudel eesmärkidel kui liiklemine on lubatud ainult maantee omaniku või haldaja eriluba saades. Selline kasutamine ei tohi segada liiklust teistel maanteedel, mis on ühendatud antud maanteega [6].

Kui sõiduk on maanteel hädapeatunud või tekitab muu liiklustakistuse, peab sõiduki juht viivitamatult võtma meetmeid, et takistus kõrvaldada. Kui sõiduki juht ei suuda iseseisvalt liiklustakistust eemaldada, on tal kohustus vastavalt vabariigi liikluseadusele tähistada takistus nõuetekohaselt. Samuti peab sõiduki juht teatama liiklustakistusest Eesti Maanteeameti operatiiv-valvetalitusele või liikluspolitseile vastavalt seadusele kehtestatud korrale [7].

Liiklus Eesti maanteedel allub vastavatele liiklusreeglitele ja -määrustele. Maanteedel kehtivad üldised liiklusnõuded ja -piirangud, mis on sätestatud Eesti Vabariigi liikluseaduses ja muudes asjakohastes õigusaktides. Liiklus Eesti maanteedel peab toimuma ohutult, järgides kehtivaid kiiruspiiranguid, liiklusmärke ja -märguandeid [8].

Sõltuvalt tee tüübist, piirkonnast ja liiklusoludest võib liiklusmaastik varieeruda. Maanteedel tuleb arvestada nii linna- kui ka maapiirkondade eripäradega. Linnaaladel võib esineda tihedamat liiklust, ristmikke ja jalakäijaid, samas kui maapiirkondades võivad mõjutada teeolud ja looduslikud tegurid [9].

Liiklejad peaksid tähelepanu pöörama teemärguannetele, liiklusmärkidele ja -märguannetele ning järgima liiklusreegleid, et tagada ohutu ja sujuv liiklus Eesti maanteedel. Samuti tuleb arvestada tee-ehitus- või remonditöödega, mille korral võivad olla kehtestatud ajutised liikluspiirangud ja korraldused [10].

1.1.2 Ajutine liikluskorraldus, protsessi ülevaade

Tellija on isik või amet, kes vastutab liikluse korraldamise eest ja tellib riigiteedel tegevusi, mis nõuavad ajutist liikluskorraldust. Tellija võib olla ametlik asutus, mis esindab avalikku sektorit või eraisik, kes vastutab liiklusohutuse ja liikluskorralduse eest teetööde ajal [11].

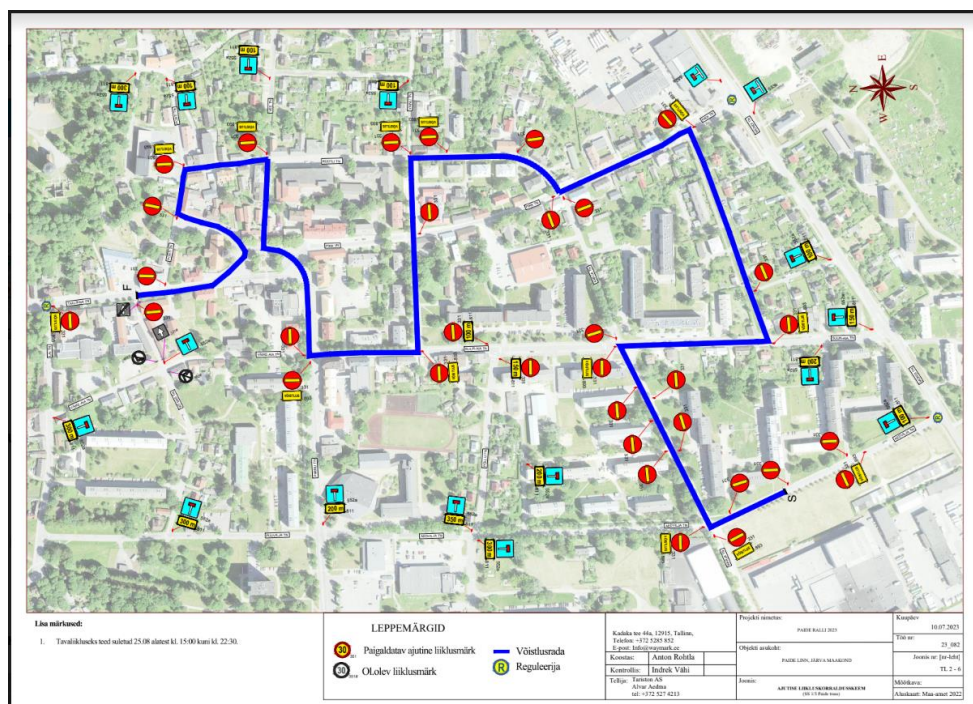
Sõltuvalt teest ja selle tüübist on tee omanikul erinev roll. Riigitee puhul vastutab selle eest tavaliselt riigiasutus nagu Maanteeamet, kohaliku tee puhul kohalik omavalitsus ning era- või metsateede puhul

vastav eraõiguslik isik või Riigimetsa Majandamise Keskus. Tee omanik vastutab tee seisukorra ja selle ohutuse eest [12].

Töövõtja on isik või ettevõtte, kes teeb tegelikud teetööd. Töövõtja vastutab kõikide kulude katmise eest, mis on seotud ohutu liikluse tagamise ja ajutise liikluskorraldusega. See hõlmab projekteerimist, lubade ja kooskõlastuste hankimist, ajutiste teede ehitamist, liikluskorraldusvahendite valmistamist, paigaldamist ja hooldamist. Töövõtja peab tagama ajutiste teede ja liikluskorraldusvahendite korraliku hoolduse kogu liikluskorraldusprojekti kestuse vältel [13].

Need kolm osapoolt mängivad olulist rolli liikluse ohutuse ja korraldamise tagamisel teetööde või muude tegevuste ajal, mis nõuavad ajutist liikluskorraldust. Nende koostöö on oluline, et tagada sujuv ja turvaline liiklus teedel [14].

Tellijal võtab ajutist liikluskorraldusteenust pakkuva ettevõttega ühendust e-posti või telefoni teel, edastades projekti loomise alustamiseks vajaliku info ehk kavandatava töö asukoha, tööde liigi ja etapid, võimalusel asendiplaan DWG või pdf formaadis, samuti infotahvlitele vajalik info.



Joonis 2. Ajutise liikluskorralduse skeem (autori koostatud)

Järgmise sammuna koostab projekteerija AutoCADis ajutise liiklusskeemi (Joonis 2). Aluseks võetakse kaart, millel on näidatud teelõik, kus töid tehakse. Sellele kaardile kantakse tellija saadetud asendiplaan ja märgitakse üles tööpiirkonna mõõtkava. Selliste tegurite alusel nagu AKÖL,

liiklussagedus ja töötsooni pikkus otsustab projekteerija, millist tüüpi skeemi kasutatakse, näiteks kas liiklusreguleerija, foori või eesõigusmärgid. Pärast skeemi täielikku valmimist esitab projekteerija skeemi pdf-vormingus transpordiametile ja vajadusel vallavalitsusele kooskõlastamiseks. Järgmisena saadetakse saadud kooskõlastamisega skeem tellijale [15].

Töövõtja pakub ajutiste liiklusmärkide ja vahendite paigaldamist vastavalt kehtestatud skeemile. Käsitleva protsessi osana, on oluline liiklusohutuse ja korralduse tagamise täitmisel, jälgida liiklusolukorda ning vajadusel kohandada liikluskorraldusvahendeid. Samas üheks peamiseks asjaoluks, mille puhul reageerimine muutustele ja ohtudele, mis oma korda hõlmab ka ajutiste liikluskorraldusvahendite eemaldamist, et taastada tavaline liikluskorraldus, on kiirus ja täpsus [16].

Ajutise liikluskorralduse tüüpskeemid on standardiseeritud kavandid või plaanid, mida kasutatakse teetööde, remondi või muude ajutiste muudatuste korral liiklusjuhtimises. Need skeemid hõlmavad tavaliselt teekasutusmärke, ajutisi liiklusmärke, signaalseadmeid ja muud liiklusohutust tagavaid elemente. Tüüpskeemid on olulised, kuna need aitavad tagada liiklejate ohutuse, sujuva liikluse ja selge suunamise ajutiste muudatuste korral [17].

Tüüpskeemid võivad erineda sõltuvalt teostatavatest töödest, liiklusoludest ja piirkondlikest regulatsioonidest. Need koostatakse tavaliselt vastavalt kehtivatele standarditele ja eeskirjadele ning need peaksid arvestama nii teetööde teostamise tehnilisi nõudeid kui ka liiklusohutuse põhimõtteid [18].

Ajutise liikluse korraldamise meetodite analüüs hõlmab erinevate strateegiate ja protseduuride hindamist, mida kasutatakse ajutise liikluskorralduse tagamiseks teetööde, remondi või muude ajutiste muudatuste ajal. Hinnatakse olemasolevaid liikluskorraldusplaanide, sealhulgas nende selgust, kohandatavust vastavalt muutuvatele tingimustele ja vastavust kehtivatele ohutusstandarditele. Analüüsitakse ajutiste liiklusmärkide ja -märgistuse efektiivsust ning nende vastavust regulatsioonidele. Oluline on tagada, et liiklejad mõistaksid neid kergesti [19].

Hindamine hõlmab ajutisi liiklusseadmeid, nagu liiklusvalgustid, barjäärid, koned jne. Nende paigutus ja kasutamine peavad olema kooskõlas ohutusnõuetega. Analüüsitakse meetodeid, kuidas juhtida liiklusvoogusid ehitusala ümber või läbi ning tagada selge suunamine ja ohutus. Liiklusskeemide analüüsi käigus käsitletakse meetodeid, kuidas teavitada liiklejaid ajutistest muudatustest, sh elektroonilised teavitustahvlid, reklaamid, ajutised teejuhised jne. Hinnatakse turvameetmeid, mis on rakendatud nii teetöötajate kui ka liiklejate ohutuse tagamiseks, näiteks kiiruspiirangud, ohutuslad ja ohutuslased koolitused. Samuti kuidas ajutine liikluskorraldus

kohandub teetööde teostamise ajakavaga, tagades samal ajal liiklusohutuse. Hindamine hõlmab meetodeid, kuidas jälgida ajutise liikluskorralduse tõhusust ja teostatavuse hindamist reaalajas, võimaldades vajadusel viia sisse vajalike muudatusi [20].

Kokkuvõttes on oluline tasakaalustada standardiseerituse eeliseid ja kohanemisvõime puudujääke vastavalt konkreetse projekti vajadustele ja nõuetele [21].

1.1.3 Ajutist liikluskorralduse teenuse pakkuvad ettevõtted Eestis

Ajutise liikluskorraldusteenuse pakkumine on spetsialiseerunud valdkond, mis hõlmab erinevaid teenuseosutajaid Eestis. Mõned Eesti ettevõtted, mis pakuvad ajutist liikluskorraldusteenust, on järgmised:

- TREV-2 Grupp AS tegeleb mitmesuguste teedehitustöödega, sealhulgas teede, sildade ja tunnelite ehitamisega, teekattemärgistuse paigaldamisega ning üldise teede ja infrastruktuuri arendamisega. Nad pakuvad ka liiklusohutuse tagamise ja ajutise liikluskorralduse teenuseid;
- RPE Liikluskorralduse OÜ on eraettevõtte, mis võib teenindada nii avalikke kui ka erasektori kliente, kes vajavad ajutist liikluskorraldust erinevatel projektidel;
- Ramudden OÜ on tunnustatud liikluskorralduse teenuste pakkuja ja nende eesmärk on aidata kaasa liiklusohutuse tagamisele ning tagada, et ajutine liikluskorraldus oleks tõhus ja ohutu;
- Waymark OÜ eesmärk pakkuda kvaliteetseid liikluskorraldusvahendeid ja liikluskorraldusteenuseid ning püüd olla eelistatud koostööpartner antud valdkonnas on oluline. Samuti on tähtis pidev enesearendamine ja uute tehnoloogiate kasutuselevõtt, et saavutada parimad ja innovatiivseimad lahendused klientidele. Waymark OÜ pakub erinevaid ehituse ja inseneriteenuste lahendusi, sealhulgas: liiklusskeemide koostamine, kooskõlastamine omavalitsuste või Transpordiametiga, ajutiste liiklusmärkide ja vahendite paigaldus, liiklusohutusolukorra jälgimine, objekti lõppedes eemaldamine;
- Signaal TM AS tegeleb märkide ja reklaami valmistamise ning paigaldamisega;
- Warren Safety OÜ pakub liikluskorraldusteenust, liikluskorralduse projekteerimist ja teekattemärgistust;
- Lõunaliiklus OÜ pakub ööpäevaringselt ajutise liikluskorralduse täisteenust, mis hõlmab kogu ajutise liikluskorralduse protsessi juhtimist. See tähendab, et ettevõtte võtab enda kanda kogu vajaliku tegevuse ja vastutuse, et tagada liikluse ohutus ja korraldus ehitusprojektide, ürituste või muude tegevuste ajal [22], [23], [24], [25], [26], [27], [28].

1.2 Ajutise liikluskorralduse mõjutavad tegurid

Ajutise liikluskorralduse kujundamisel ja rakendamisel lõpptulemust mõjutavad mitmed tegurid. Need tegurid hõlmavad mitmesuguseid aspekte, mis mõjutavad ajutise liikluskorralduse tõhusust ja ohutust. Autor toob välja mõned peamised tegurid ja asjaolud:

- Objekti laad ja eesmärk: sõltuvalt sündmuse või ehitustööde iseloomust võib ajutine liikluskorraldus varieeruda. Näiteks võivad avalikud üritused, ehitustööd ja tee remont nõuda erinevaid lähenemisviise;
- Liiklusvoog ja intensiivsus: liikluskoormus mõjutab otseselt ajutise liikluskorralduse planeerimist. Suure liiklusvooga aladel võib olla vajalik rakendada põhjalikumaid ja keerulisemaid korraldusmeetmeid;
- Ohutusnõuded: liikluskorraldus peab vastama kõrgeimatele ohutusstandarditele. Ehitustöödel või üritustel võivad olla spetsiifilised ohutusnõuded, mida tuleb arvestada;
- Kohalikud eeskirjad ja regulatsioonid: ajutise liikluskorralduse planeerimisel tuleb järgida kohalikke liikluseeskirju ja regulatsioone. See hõlmab kooskõlastamist vastavate ametiasutustega;
- Kommunikatsioonistrateegia: selge ja tõhus suhtlus nii liiklejate kui ka asjaosalistega on oluline. Kommunikatsioonistrateegia mõjutab, kuidas teave edastatakse ja kuidas inimesed saavad aru ajutise liikluskorralduse muudatustest;
- Keskkonnamõjud: ajutine liikluskorraldus võib mõjutada ka ümbritsevat keskkonda. See hõlmab müra, õhu kvaliteedi ja muude keskkonnamõjude hindamist ning nende leevendamise meetmete võtmist;
- Ressursid ja eelarve: kättesaadavad ressursid, sealhulgas inimesed, tehnika ja eelarve, mängivad olulist rolli ajutise liikluskorralduse realiseerimisel;
- Teede ja infrastruktuuri seisukord: teede füüsiline seisund mõjutab ajutise liikluskorralduse vajadust. Remonditööd või teeolude parandamine võivad nõuda spetsiifilisi korraldusmeetmeid;
- Ajalised piirangud: ajutise liikluskorralduse planeerimisel tuleb arvestada kindlate ajaliste piirangutega, mis võivad tuleneda nii ehitustööde graafikust kui ka ürituste toimumisajast [29].

Need tegurid peavad olema tervikuna kaalutud, et välja töötada tõhus ja ohutu ajutine liikluskorralduslahendus vastavalt konkreetse olukorra vajadustele ning tingimustele.

1.2.1 Ohutuse ja efektiivsuse tähtsus ajutisel liikluskorraldusel

Ohutus ja efektiivsus on kaks peamist mõõdet, mis määravad ajutise liikluskorralduse edukuse ja mõjutavad oluliselt sündmuse, ehitustööde või muu ajutise tegevuse sujumist. Ohutuse tähtsus ajutisel liikluskorraldusel:

- Liiklejate ohutus: ohutus on ülim prioriteet ajutisel liikluskorraldusel. Meetmed peavad olema kavandatud nii, et tagada liiklejate, sealhulgas jalakäijate, kergliikurite ja sõidukijuhtide ohutus;
- Töötajate ohutus: ehitus- või muude töödega seotud ajutisel liikluskorraldusel tuleb erilist tähelepanu pöörata ka töötajate ohutusele. See hõlmab nõuetekohaseid isikukaitsevahendeid, ohutusjuhendite järgimist ja regulaarset koolitust;
- Liiklusõnnetuste ennetamine: ajutine liikluskorraldus peab aitama vältida liiklusõnnetusi. See hõlmab selgete ja nähtavate märkide, piirdeid ja suunavate elementide kasutamist;
- Hädaolukordade lahendamine: ohutu liikluskorraldus peab hõlmama plaane hädaolukordade lahendamiseks, sealhulgas kiiret evakueerimist ja juurdepääsu hädaabiüksustele;
- Keskkonnakaitse: ohutus hõlmab ka keskkonnaohutust, mis hõlmab müra, õhu kvaliteeti ja muude keskkonnamõjude haldamist ja leevendamist [30].

Kuna ajutine liikluskorraldus on meede mis hõlmab, süsteemivaates, endas nii regulatsioonide kui ka seadmete kogumeid, peab olema ka nende koostöötõhusus olema mõõdetav efektiivsuse poole pealt. Efektiivsuse tähtsus ajutisel liikluskorraldusel:

- Liikluse sujuvus: efektiivne ajutine liikluskorraldus tagab liikluse sujuvuse, vältides ummikuid ja liiklusummikuid;
- Sündmuse või ehitustööde tõhus juhtimine: ajutine liikluskorraldus peaks toetama sündmuse või ehitustööde tõhusat juhtimist, võimaldades vajalikke ressursse kiiresti liigutada ja toimimist sujuvalt jälgida;
- Kommunikatsioon ja teavitamine: efektiivne suhtlus liiklejate, töötajate ja teiste osapooltega on võtmeks. Selged teated, märgid ja teavitamisstrateegiad aitavad vältida segadust ja tagavad kõigi asjaosaliste teadlikkuse;
- Tööde kiire lõpetamine: ehitustööde puhul võimaldab tõhus ajutine liikluskorraldus tööde kiiret lõpetamist, vähendades seeläbi häireid liikluses ja mõjutades positiivselt ümbritsevat kogukonda;

- Mõistlik ressursside kasutamine: efektiivne ajutine liikluskorraldus nõuab mõistlikku ressursside kasutamist, sealhulgas personali, materjalide ja tehnoloogia õiget jaotust vastavalt vajadustele [31].

1.3 Ajutise liikluskorralduse tüüp skeemid

Teetööde ohutuks läbiviimiseks on transpordiamet koostanud 44 tüüpskeeme, ehk nende jooniseid ning tõi sellega kaasa vajaliku tehnilise kirjelduse, kajastades olukordi, näiteks liikluskorraldusvahendite kasutamine, teekattemärgistus sõiduteel või selle läheduses takistuste juuresolekul. Samuti hõlmavad käsitlevad joonised töid liikluses, ajutise liikluse korraldamist jalakäijatele, takistuste märgistamist tee kohal, avariitöid ja liiklusõnnetusi. Käesolevas lõputöös kirjeldab autor mõningaid tüüpilisi skeeme, mida pakub transpordiosakond.

Joonistel 6 ja 7 (Lisa 1, 2) on esitatud näited teetööde üldtähistusest. Nimetatud skeemid illustreerivad, millises vahemikus peaksid asuma ajutised märgid, kui teetööd toimuvad piirkonnas, kus sõidukiirus on vastavalt 90 km/h ja 50 km/h. Mõlemad joonised selgitavad ka seda, et kui tööd ei lõpe kolme päeva jooksul, tuleks kasutada infotahvli ehk silti 595a. See infotahvel kuvab andmeid nagu tööala pikkus, lõppemise aeg, töö iseloom ja tööd teostava ettevõtte nimi. Skeemidel on samuti näidatud töövõtja infotahvli ehk märgi 595b kasutamine, mis paigaldatakse asustatud alale, kui teetööd ei lõpe ühe päeva jooksul asustusalast väljaspool või kolme päeva jooksul asustusalas.

Edasi uurib autor skeeme numbrita 12, 13, 14 ja 15, mis illustreerivad võimalikke valikuid ümbersõidu määramisel ja liiklejate ümbersuunamisel. Käsitleva skeemi näidis on toodud lõputöölises (Lisa 3). Näidetes käsitletakse erinevaid juhatusmärke, kohustusmärke, suunavate ohutuslampide kasutamist ning tõkete ja aedade paigaldamist.

Tüüpskeemide numbrid 19, 20, 21, 22, 23 ja 24 näitavad erinevaid meetodeid liikluse suunamiseks ühele sõidurajale. Selles kontekstis kasutatakse fooride, liiklusreguleerijate, eesõigusmärkide ja iseregulatsioonile viitavate märkide kombinatsiooni. Otsus, millist liikluskorraldusvahendit konkreetse olukorra jaoks kasutada, sõltub faktoritest nagu aasta keskmine ööpäevane liiklussagedus ja töösooni pikkus. Transpordiamet on dokumendis „Riigiteede ajutine liikluskorraldus“ esitanud tabeli, mis annab juhised nende võimaluste rakendamiseks sõltuvalt ööpäevasest liiklussagedusest ja tööpiirkonna pikkusest meetrites. Antud skeemide gruppi illustratiivne skeem on esitatud autori poolt lõputöö lisades (Lisa 4).

Näidisskeemidel 33, 34, 35, 36 ja 37 on toodud näiteid jalakäijate ja jalgratturite ümbersuunamisest läbi töötsooni. Nimetatud skeemide gruppi illustratiivne skeem on esitatud autori poolt lõputöö lisades (Lisa 5). Need joonised selgitavad, et eraldatud jalgratturite ja jalakäijate tee laius peaks olema vähemalt 1,5 meetrit. Ajutise ülekäiguraja rajamine peaks toimuma planeeritud tööalast vähemalt 25 meetri kaugusel ning sõidukijuhtidele tuleks paigaldada hoiatussildid, et edasi on tööala, tee kitseneb ja on reguleerimata ülekäigurada, kehtestades sel juhul kiiruspiirangu. Jalakäijatele ja jalgratturitele tuleks paigaldada juhatusmärgid, mis suunavad neid ning kaitsevad tööala ja tee liiklust. Vajadusel tuleks kogu tööpiirkonna ulatuses paigaldada sõidukitele parkimise ja peatumise keelavad märgid.

1.4 Ajutise liikluskorralduse ohutus

Ajutise liikluskorralduse ohutus on oluline aspekt, mis tagab, et liiklusmuudatused ja ehitustööd viiakse läbi nii, et tagatakse nii liiklejate kui ka teetöötajate turvalisus. Selged liiklusmärgid ja teemärgistus aitavad juhtida liiklejaid ajutiste marsruutide suunas. Püsiv teekattemärgis kaetakse spetsiaalse katteteibiga või eemaldatakse, kui alalise teekattemärgise olemasolu raskendab ajutise liikluskorralduse mõistmist [32]. Autor lisab selle seisundi selgitamiseks joonise (Joonis 3), kujutades ajutise liikluskorralduse märkide paigaldust.



Joonis 3. Ajutise liikluskorralduse märkide paigaldus (autori koostatud)

Ajutine liikluskorraldus võib nõuda kiiruspiiranguid. Need piirangud peavad olema õigesti märgistatud, ja need peavad vastama ehitusala tingimustele, tagades ohutu liikumise. Ajutise liikluskorralduse plaanid peaksid sisaldama ohutusgabariite ja -kaugusi, mis tagavad, et sõidukid ja ehitustööd ei kahjustaks üksteist ning säilitaksid ohutuse. Teetöötajal on kohustus kanda isikukaitsevahenditeks nõuetekohast ja otstarbekohast märguriietust, mis vastab kehtestatud standardile EVS-EN ISO 20471. Eelduseks on, et märguriietus vastab kõigile esitatud nõuetele [33].

Kui tööd toimuvad öösel või halva nähtavuse tingimustes, on vajalikud ajutised liiklusvalgustid, et tagada piisav nähtavus ja ohutus. Ajutise liikluskorralduse ohutus nõuab hoolikat planeerimist kõikide tööfaaside jaoks. Ehitustegevuste järjekorda ja ajastamist tuleb hinnata, et vähendada liiklejate ja töötajate kokkupuuteohtu. Hädaolukordade jaoks tuleb kehtestada plaanid, sealhulgas evakuatsioonikorrad ja kiire reageerimine õnnetuste korral. Pidev kontroll ja hindamine tagavad, et ajutine liikluskorraldus vastab kõikidele ohutusstandarditele. Kui on vaja kohandusi, tehakse need viivitamatult. Aktiivne suhtlus liiklejatega aitab vähendada segadust ja tagab, et nad on teadlikud muudatustest ning saavad liikuda ohutult ja sujuvalt [34].

1.4.1 Ajutise liikluskorralduse riskid ja ohud

Liiklusõnnetuste peamiseks põhjuseks peetakse liiklejate poolt tehtud vigu, mis tulenevad nende ebakohasest kohanemisest liikluskeskkonnaga, hoolimatusest või oskamatusest. Samuti avaldavad mõju liiklusõnnetuste tekkimisele vead liikluskorralduses, sealhulgas ristmike lahendused, kehtivad kiirused, liiklusmärgid, teekatte märgistus, kergliiklusteed jne. Lisaks mõjutavad liiklusõnnetuste teket ka tee-ehituslikud aspektid, nagu tee laius, ristuvad kõrvalteed, pörkepiirded, bussipeatused, jalakäijate ülekäigukohad, valgustus- ja nägemistingimused, külgnähtavus ning nähtavuskolmnurgad ristmikel, ning teehoiualased aspektid, sh teekatte, teepeenarde ja tee ääres asuva ala seisukord [35].

Ajutised liiklusmarsuudid ja muud korraldused võivad suurendada kokkupõrkeohtu, eriti kui juhid ei mõista selgelt uusi liikluskorraldusi või kui marsuudid on ebapiisavalt märgistatud. Ajutise liikluskorralduse tingimustena samuti käsitletakse ka halba nähtavust, näiteks halva ilmaga või öösel. Nimetatud asjaolu mõjutab õnnetuste tekitamise riski suurendamist, eriti kui märgid ja märgistus pole piisavalt selged [36].

Kui ajutise liikluskorralduse kohta ei ole piisavalt teavet või kui see on segane, võib see viia liiklejate eksiarvamusteni ja tekitada ohtlikke olukordi. Liiklejad või ehitustöötajad võivad rikkuda ohutusalasid, mis võib suurendada vigastuste ja õnnetuste riski. Ehitustsooni ja liikluse vaheline selge piiramine on oluline, et vältida sõidukite ja ehitustöötsoonide vahelisi ohtlikke olukordi [37].

Juhid võivad eirata ajutisi kiiruspiiranguid, mis on kehtestatud ehitustööde ajal, suurendades õnnetuste riski. Kui ajutise liikluskorralduse märgid ja märgistus on halva kvaliteediga või kulunud, võib see tekitada segadust ja suurendada ohtusid. Ajutised liiklusmuudatused võivad põhjustada liiklusummikuid ja viivitusi, suurendades frustratsiooni ja riski agressiivseks käitumiseks. Kui ehitustööde tsoon hõlmab ohtlikke materjale, suureneb nende õnnetuste oht, eriti kui neid ei ole korralikult märgistatud. Teetöötajate vigastuste oht suureneb, kui neil puuduvad sobivad isikukaitsevahendid või kui liiklejad ei järgi ohutusjuhiseid [38].

1.4.2 Liiklusohutuse parandamist mõjutavad tegurid

Vastavalt eelmises osas toodud asjaoludele, käesoleva lõputööautor kirjeldab võimalike lahendusi ja tegureid mis oma korda võivad positiivselt mõjutada liiklusohutust ajutiste skeemide juures. Antud teguriteks autor nimetab kõigepealt liiklust rahustatavaid võtted, infomüra vähendavat tegurid.

Liikluse rahustamise põhimõtteid rakendatakse jätkuvalt, arvestades suurenevat autode hulka, muutusi elukeskkonnas ja halvenenud liiklusohutust. Peamiseks eesmärgiks on luua harmooniline keskkond, kus kergliiklejate huvid, sealhulgas ühistranspordi arendamine, on esmatähtsad. Lähemateks eesmärkideks on madalamate sõidukiiruste saavutamine, kokkupõrgete arvu vähendamine, politsei juuresoleku vajaduse vähendamine, liiklejate distsiplineerimine ja läbivoolu vähendamine. Liikluse rahustamise meetodid jagunevad regulatiivseteks, nagu kiiruspiirangud ja pöörete keelud, ning tehnilisteks, sealhulgas ehituslikud tõkked, eri tasapinnad, ringristmikud, tähelepanu äratavad vibropinnad ja liiklussageduse reguleerimine. Esimese grupi efektiivsust peetakse suhteliselt madalaks, kuna kiiruse ületamine on levinud liiklusreeglite rikkumise viis ja politseil võib olla piiratud ressursid igasuguse märgi taga järelevalve tegemiseks [39].

Liiklusohutust võib mõjutada ka infomüra, mis võib tekkida liikluskeskkonnas olevate mitmesuguste teabeallikate tõttu. Infomüra on andmete voog, mis ei ole filtreeritud, ja selle kasulikkus väheneb koos andmehulga suurenemisega. Liikluskeskkonnas võib olla erinevaid visuaalseid ja helilisi teavitusi, nagu liiklusmärgid, reklaamid, teabeekraanid või helireklaamid. Kui see teave on liiga intensiivne või segab liiklejate tähelepanu, võib see suurendada liiklusõnnetuste riski [40].

Infomüra võib tekitada segadust, eriti kui liiklejad peavad samal ajal jälgima mitmeid erinevaid teateid. See võib viia tähelepanu hajumiseni ja reageerimisaja pikenemiseni, mis omakorda suurendab võimalust õnnetusteks. Seega on oluline tasakaalustada liikluskeskkonnas olevat infot, et säilitada liiklusohutus ja tagada liiklejate tähelepanu põhiohk teekonnal ja liiklusolukorral [41].

Kiirustabloo on tõhus abivahend sõidukite kiiruse kontrollimiseks ja liikluse rahustamiseks. See seade mõõdab sõidukite kiirust ning kuvab juhile vastava hoiatuse või kiituse. Kiirustablood paigaldatakse riskantsetesse piirkondadesse, nagu näiteks koolide, lasteaedade ja reguleerimata ülekäiguradade lähedusse, samuti kohtadesse, kus on piiratud nähtavus ja kus kehtivad täiendavad kiiruspiirangud. Seade kogub andmeid nii lähenevate kui ka kaugenevate sõidukite kohta, võimaldades samaaegselt analüüsida kehtestatud piirkiirustest kinnipidamist mõlemas sõidusuunas [42].

Selge ja kiire info teeoludest ning liiklustingimustest aitab parandada liiklusohutust, rahustada liiklust ja tõsta liikluskultuuri. Uuringud näitavad, et võrreldes tavaliste liiklusemärgidega on muutuva teabega märgidel põhineva info suhtes sõidukijuhtidel suurem usaldus [43].

1.5 Ajutiste liikluskorraldus skeemide projekteerimine

Ajutise liikluskorralduse projekt koosneb mitmest osast, sealhulgas seletuskirjast, joonistest ja lisadest. Käsitlev dokumentide kogum sisaldab kõiki vajalikke üksikasju ja juhiseid ajutise liikluskorralduse korraldamiseks. Projektiga kaasas tuleb esitada ülevaade sellest, kuidas kavandatakse ajutine liikluskorraldus erinevates tööpiirkondades, et tagada liiklusohutus. Kui kaks objekti kattuvad, tuleb liikluskorralduse projekte võrrelda ja vajadusel neid kooskõlla viia, et tagada järjepidevus ja tõhusus liikluskorralduses [44].

Tee omanik vastutab liikluskorralduse eest ühise lõigu puhul, kuid projekti sees tuleb selgelt määratleda, kes vastutab liikluskorralduse vahendite käitlemise ja tööde korraldamise eest. Liikluskorralduse projekt peab olema objektil kättesaadav nii paberil kui digitaalselt, et seda saaks kasutada ajutise liikluskorralduse paigaldamise kontrollimiseks ja järelevalveks. Liikluskorralduse projekt peab selgelt määratlema, kes on vastutav liikluskorralduse eest ning kuidas ajutise liikluskorralduse paigaldamine ja korraldamine toimub [45].

1.5.1 Projekteerimise põhimõtted

Ajutise liikluskorralduse skeemide projekteerimisel on oluline järgida mitmeid põhimõtteid, et tagada ohutu ja tõhus liikluskorraldus teetööde või muude ajutiste sündmuste ajal. Allpool on käesoleva lõputöö autori poolt esitatud mõned olulised põhimõtted ajutise liikluskorralduse skeemide projekteerimisel:

- Skeem peab tagama nii teetöötajate kui ka liiklejate turvalisuse;

- Kasutada selgeid ajutisi liiklusmärke ja teavitustahvleid, et juhtida liiklejate tähelepanu muudatustele. Märkide tekst ja sümbolid peaksid olema hästi nähtavad ja loetavad;
- Kavandada skeem nii, et see arvestaks liiklusvoo muutustega vastavalt tehtavatele töödele või sündmustele;
- Tagada ohutud teeületuskohad ja selged jalakäijate ning jalgratturite juhised. Vajadusel eraldada ajutiselt liiklusvahendid jalakäijatest ja jalgratturitest [46].

Kiirteedel tuleb eriti tähelepanu pöörata liiklusvoogude sujuvale ja ohutule ümberkorraldamisele. Samuti oluliseks aspektiks autor nimetab sõidukite jaotust ajutistes sõiduradades, kus selgelt märgistatud teetööde piirkonnad ja ohualad omavad olulist rolli [47].

Koostöö kohalike omavalitsustega ja muude riigiasutustega (näiteks Politsei ja Piirivalveamet, Transpordiamet) on oluline, just liiklejate teavitamise tulevate muudatuste valguses. Samuti ka pidev liiklusolude jälgimine ja kohandamine vastavalt vajadustele. Antud põhimõtted aitavad tagada, et ajutise liikluskorralduse skeemid oleksid tõhusad, arusaadavad ja ohutud kõikidele liiklejatele [48].

1.6 Ajutiste skeemide rakendamise ja ülalpidamise kulud

Ajutiste skeemide rakendamise ja ülalpidamise kulud võivad varieeruda sõltuvalt mitmest tegurist. Erinevad ajutise liikluskorralduse skeemid võivad nõuda erinevat tüüpi ja hulgalisi märgiseid, tõkkeid, valgustust jne. Mida keerukam on skeem, seda rohkem võib kuluda nii materjalidele kui ka tööjõule. Kulud võivad erineda sõltuvalt sellest, kui suur ala on kaetud ja kui intensiivne on vaadeldava ala liiklus. Näiteks suurlinnapiirkonnas võib olla rohkem vajadust täiendava märgistuse ja reguleerimise järele [49].

Kvaliteetsed ja vastupidavad materjalid võivad olla kallimad, kuid need tagavad kestva ja ohutu ajutise liikluskorralduse. Madalama kvaliteediga materjalid võivad põhjustada sagedamini hooldus- ja asenduskulusid. Ajutise liikluskorralduse skeemi korraldamiseks võib olla vajalik spetsialistide, nagu inseneride või liiklusplaneerijate, teenuste kasutamine, mis suurendab projektiga seotud kulusid [50].

Mõnes piirkonnas võib olla vajalikud load ja kooskõlastused ajutise liikluskorralduse rakendamiseks. Nende hankimisega seotud kulud tuleks samuti arvesse võtta. Kui ajutine liikluskorraldus on vaja kiiresti rakendada või kui tööd tehakse öösel või nädalavahetusel, võib see suurendada kulutusi seotud tööjõu ja ajaliselt piiratud ressurssidega. Kulud võivad suurened, kui on vaja regulaarselt jälgida ja

kontrollida ajutise liikluskorralduse efektiivsust, eriti kui kohanemisi on vaja teha vastavalt muutuvatele oludele [51].

Kvaliteetsete ja vastupidavate materjalide kasutamine ajutiste skeemide loomisel võib vähendada hooldus- ja asenduskulusid. Madalama kvaliteediga materjalid võivad kergemini kahjustuda ja nõuda sagedasemat hooldust. Ebasoodsad ilmastikutingimused, nagu tugev tuul, vihm või lumi, võivad suurendada ülalpidamiskulusid, kuna ajutised liikluskorralduse elemendid võivad kahjustuda või kaotada efektiivsuse [52].

Ajutiste skeemide korrapärane jälgimine ja hooldus võivad aidata tuvastada varajasi probleeme ja ennetada suuremaid kahjustusi, mis võivad tähendada suuremaid remondikulusid. Kui ajutise liikluskorralduse vajadused muutuvad või kui skeem vajab kohandamist vastavalt muutuvatele oludele, võivad sellega kaasneda täiendavad kulud. Kui on vaja eraldi meeskonda ajutiste skeemide ülalpidamiseks, võib see suurendada kulutusi tööjõule ja koolitusele. Kui ajutised skeemid hõlmavad tehnoloogilisi süsteeme või seadmeid (näiteks elektroonilised märgid), võivad nende ülalpidamise kulud olla olulised [53].

1.7 Innovatsioon ajutises liikluskorralduses

Innovatsioon ajutises liikluskorralduses hõlmab uute ja paremate lahenduste väljatöötamist, mis parandavad liikluse ohutust, tõhusust ja keskkonnasõbralikkust ajutiste muudatuste perioodil teedel. Innovatsioon ajutises liikluskorralduses nõuab tihedat koostööd erinevate sidusrühmade, sealhulgas transpordiametite, teedeinseneride, tehnoloogiaettevõtete ja kohalike omavalitsuste vahel. See võimaldab rakendada uuenduslikke lähenemisviise, mis aitavad kaasa ohutumale, tõhusamale ja jätkusuutlikumale liikluskorraldusele [54].

Lõputöö autor esitab järgnevalt uuenduslikke lahendusi, mille eesmärk on vähendada kulusid ja süsinikdioksiidi heitkoguseid, minimeerida häireid liiklejatele ning parandada klienditeenindust.

Mitmefaasiline adaptiivne tuvastussüsteem on innovatiivne lahendus, mis häälestab autonoomselt ajutiste liiklusvalgustite parameetreid reaajas liiklusmustrite põhjal, näidates märkimisväärset järjekordade pikkuse vähenemist kuni 50%. Adaptiivse tuvastussüsteemi peamised omadused ja eelised hõlmavad:

- Võimaldab kiiret ja tõhusat paigaldust, minimeerides rakendusaega;
- Nõuab aja reguleerimiseks nullkülastusi, pakkudes paindlikkust ja mugavust;

- Näitab märkimisväärset ummikute vähenemist võrreldes tavaliste liiklusmärkidega;
- Mõjutab ja parandab valekäivitusi, aidates kaasa sujuvamale liiklusele;
- Kohaneb dünaamiliselt muutuvate liiklusoludega reaajas, tagades optimaalse tõhususe;
- Võimeline juhtima liiklust kuni neljas suunas, suurendades selle mitmekülgsust [55].

Mitme faasiline adaptiivne tuvastussüsteem esindab liikluse juhtimise alal tipptasemel lahendust, pakkudes täiustatud kohanemisvõimet ja tõhusust vastavalt muutuvatele liiklusstsenaariumidele [56].

„Haul route plus“ on innovaatiline süsteem, mis on loodud lihtsustama ohutut ja kulutõhusat ülesõitu avalikel teedel suurte projektide ja skeemide raames, eriti ristmike ja oluliste transporditeede juures. Süsteem on konstrueeritud töötajate ohutuse esikohale seadmiseks, samal ajal minimeerides häireid peamisel sõiduteel. Haul route plus põhifunktsioonid koostöös Instaboom Lite'iga hõlmavad:

- Võimaldab signaali olekut ja aku pinget jälgida kaugjuhtimise teel;
- Tagab pikema aku kasutusea jätkuva töö jaoks;
- Saab olla kaugjuhitav kohapeal oleval töötajal;
- Töötab vooluvõrgus või akutoitel, pakkudes paigaldamisel paindlikkust;
- Pakub võimalust integreerida suletud ringhäälinguga televisiooni (CCTV) täiustatud jälgimiseks;
- Varustatud automaatse numbrimärgi tuvastuse (ANPR) võimekusega parema turvalisuse tagamiseks;
- Pakub pidevat tuge, tagades süsteemi usaldusväärse toimimise ööpäevaringselt.

Haul route plus on terviklik lahendus, mis on loodud vastama suurte projektide nõuetele, tagades tõhusa liikluse juhtimise ja töötajate ohutuse [57].

Instaboom lite on kerge päikese- ja hübriidtööala barjäärisüsteem, mis võimaldab piiratud juurdepääsu ajutiselt korraldatud liiklusele. Koos ANPR-iga võib süsteem eelnevalt määratleda juurdepääsu tööalale või selle läbimise registrimärkide alusel, võimaldades töötajatel, kohalikel ettevõtetel või elanikel juurdepääsu, samal ajal kui kõikidel teistel sõidukitel on juurdepääs piiratud. Instaboom Lite peamised eelised on:

- Kiire paigaldus;
- Portatiivne (48 kg);
- Tugev kõikidele ehituskohtade tingimustele/maastikule;
- Loo kergesti ohutusalasid tööalal;

- Kohapealne kaugjuhtimine;
- Telemaatika;
- Hübriid: päikese-/110 V täiendus [58].

Kaasaskantav järelevalvekaamera SRL 360° jälgimise kaasaskantav järelevalve kaamera on kõrgjõudlusega süsteem, mis töötab nõrgas valguses, pakkudes ööpäevaringset 360° vaadet. Mitmekambriline lahendus saab konfigureerida vastavalt tööle, ühes süsteemis. Suurenenud turvalisuse kõrval võite oodata eeliseid ja spetsifikatsioone nagu:

- Kiire paigaldus;
- Kaugjuurdepääs 30-päevane pidev salvestamine;
- Pikk akutoaeg;
- 12 MP domeerikaamera 360° panoraamvaatega kõigis valgustingimustes;
- IK10 reiting vandalismitõrjeks [59].

Vähenda häireid ja hoia teeliiklejaid informeerituna selle muutuva sõnumisüsteemiga. Spetsiaalselt Suurbritannia liikluskorralduse tootena loodud Smart Messenger on suurepärase lahendus teedele kiirustega kuni 90 km/t, peamiselt linnakeskkondades. Smart Messenger on lahendus järgmiste olukordade jaoks:

- Töökoha ohutuse tagamine;
- Avalikud ja ohutusalased teated;
- Kiiruse piirangud;
- Parkimise korraldamine ja suunamine [60].

Kasutades sarnast tehnoloogiat nagu Smart Messenger, pakub Smart High-Speed Messenger erilahendust Suurbritannia kõrge kiirusega kaherealistele maanteedele ja kiirteedele. Smart High-Speed Messenger pakub täiendavaid võimalusi, nagu:

- Sõiduaegne võimekus;
- GPRS jälgimine;
- Kiirusradar;
- Kiiruse näidik;
- Kiirusest sõltuvad sõnumid [61].

SRLi uuenduslik kaasaskantav linnaliikluse juhtimise ja kontrolli (edasi UTMC) süsteem võimaldab kohalikel omavalitsustel kaugjuhtida ajutisi valgusfoore nende keskjaamast, koordineerides viimaseid lähedal asuvate valgusfooride süsteemivõrguga, tagades sujuva lahenduse ja vähendades ajutiste liikluskorraldusvahenditest põhjustatud häireid. UTMC olulised eelised hõlmavad:

- Võrguväline/kohalik fikseeritud fooriprogrammide juhtimine;
- Reaalajas hoiatused;
- Ühendus lähedalasuvate süsteemide võrguga.

Pühendunud UTMC paigalduse insenerid kohapeal [62].

1.8 Tehnoloogiliste ja analüütiliste tööriistade kasutamine kulude vähendamiseks

Modelleerimine võimaldab uurida liiklusvoogusid turvalises ja kontrollitud keskkonnas, kus saab simuleerida erinevaid olukordi. Nimetatud meede võimaldab hinnata erinevate tegurite mõju liiklusmuutritele ilma reaalsete teeoludeta kokku puutumata. Simulatsioonid võimaldavad kiireid muutusi ajutistes liikluskorralduse parameetrites, nagu liiklusintensiivsus, teede sulgemised või liikluskorralduse muudatused. See annab võimaluse hinnata erinevaid stsenaariume kiiresti ja tõhusalt. Simulatsioonide kasutamine aitab vähendada kulusid, mis võiksid tekkida tegelike katsesõitude või muude füüsiliste katsete korral. Lisaks võimaldab see säästa aega, kuna muudatusi saab teha virtuaalselt ilma reaalajas tegevustega [63].

Modelleerimine võimaldab põhjalikku ja täpset analüüsi ajutiste liiklusmuutrite erinevate parameetrite kohta, aidates mõista, kuidas erinevad faktorid mõjutavad liiklusvoogusid ja liiklejate käitumist. Simulatsioonid võimaldavad tulemusi jälgida ja vajadusel kiiresti kohandusi teha, vähendades ajutise liikluskorralduse optimeerimist vastavalt analüüsi käigus saadud teadmistele. Modelleerimine võimaldab hinnata riskitegureid ja turvameetmeid enne nende tegelikku rakendamist, aidates ennetada võimalikke probleeme ja suurendades liiklusohutust. Liiklusvoogude modelleerimis- ja simulatsioonimeetodid pakuvad tõhusat ja praktilist vahendit ajutiste liiklusmuutrite parameetrite analüüsimiseks ning toetavad parema liikluskorralduse planeerimist ja elluviimist [64].

Skeemi hindamise kriteeriumid, mille alusel luuakse mudel, hõlmavad mitmeid olulisi aspekte. Üks kriteerium mõõdab skeemi võimet tagada liikluse sujuv vool ja kiire ühendus erinevate punktide vahel. Teine kriteerium keskendub sellele, kui kaua liiklejad peavad ootama ummikutes või piiratud

liiklusaladel. Lisaks analüüsib kriteerium, kui efektiivselt skeem suudab kasutada olemasolevat ribalaiust parima liikluskorralduse tagamiseks. Samuti on oluline kriteerium, mis hindab skeemi võimet kohaneda erinevate liiklusolude ja -nõuetega, näiteks tipptunni liiklus või erakorralised olukorrad. Keskendudes keskkonnasõbralikkusele, hinnatakse skeemi mõju keskkonnale, sealhulgas õhusaastet, müratasest ja muid keskkonnategureid. Turvalisuse seisukohast hinnatakse skeemi võimet tagada liiklusohutust, sealhulgas liiklejate ja jalakäijate turvalisust. Lisaks on oluline kriteerium, mis hindab skeemi rakendamise kulude ja eeliste tasakaalu, tagades samal ajal maksimaalse efektiivsuse eelarve piires. Need kriteeriumid moodustavad juhendi, mis aitab hinnata mudeli sobivust ning selle võimet vastata spetsiifilistele liikluskorralduse väljakutsetele [65].

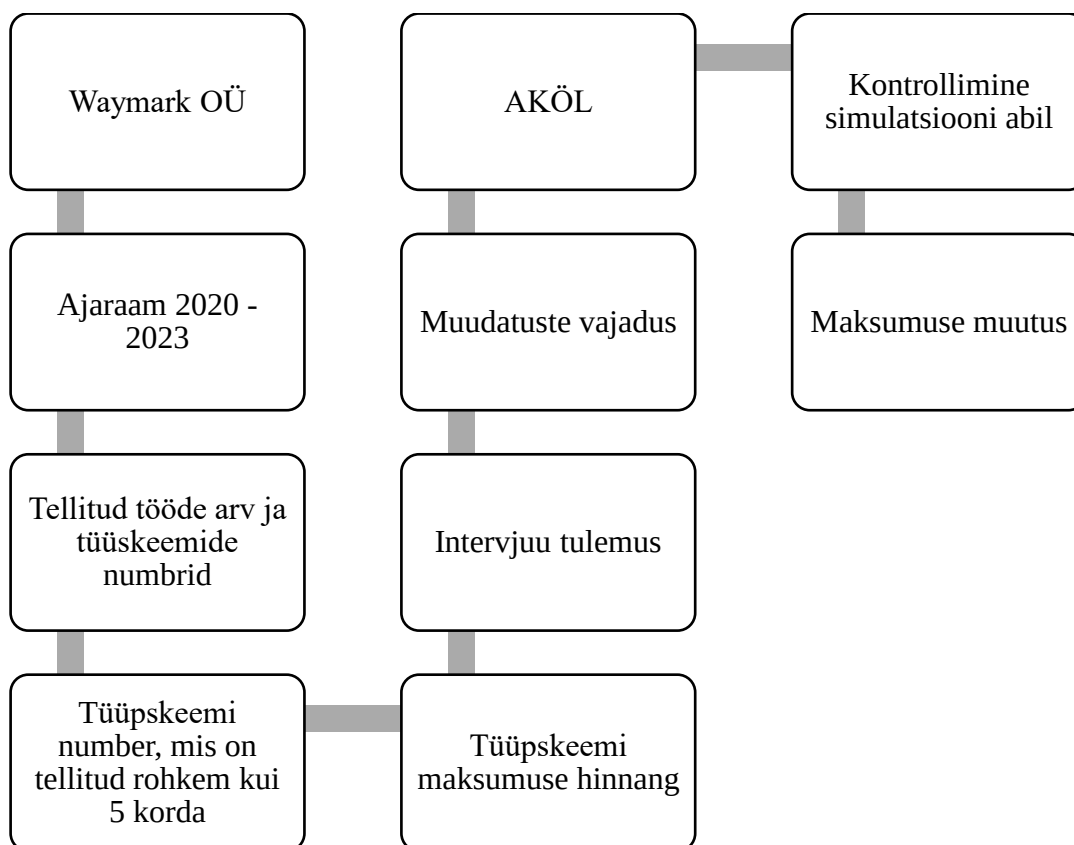
2 KASUTATUD METOODIKA

2.1 Uurimuse strateegia ja meetodi valik

Käesoleva lõputöö peamiseks uurimismeetodiks sai olla valitud kombineeritud uurimuse meetod. Nimetatud meetodi peamiseks rakendatavateks tõristaks saab olla kasutatud intervjuu e-posti teel, kus intervjuueeritavad inimesed on järgmiste asutuste ja organisatsioonide liikmed:

- ajutiste skeemide tarnijat,
- ajutise liikluse korraldamise projektide koostamise teenust pakkuvate ettevõtete
- reguleerivate asutuste, st transpordiamet

Uurimismeetodi viib autor läbi ajutist liikluskorraldusteenust pakkuva ettevõtte Waymark OÜ baasil. Autor võtab ajaraamiks 2020–2023 ehk ettevõtte eksisteerimise perioodiks. 4 aasta jooksul valmis ettevõtte 523 ajutist liikluskorraldusskeemi.



Joonis 4. Uurimuse strateegia (koostatud autori poolt)

Uurimistöö jaoks autor arvestab riigimaanteedel toodetud skeeme, vaadates üle viimaste tellitud vaadeldavast ettevõttest. Autori eesmärgiks on välja selgitada, milliseid tüüpskeemide kasutati üle 5 korra ja milliseid alla 5 korra, ning vastavalt eelnevalt toodud uurimuse strateegiale (Joonis 4), uurimiseks võetakse ajutisi liikluskorralduse tüüpskeeme, mida telliti rohkem kui 5 korda. Uurimuse sisendi mitmekesistamise eesmärgil, viib käesoleva lõputöö autor ka eelurimusena, intervjuude sarja, ning analüüsib viimaste tulemusi. Lõputöö autor eeldab, et intervjuu tulemused peaksid mõjutama standardskeemide valikut edasiseks uurimistööks.

Järgmiseks sammuks autor analüüsib intervjuude tulemusi ja teeb sellest lähtuvalt tüüpskeemi valiku. Autor hindab ajutise liiklusskeemi maksumust. Skeemi kogumaksumus sisaldab: skeemi koostamise hinda, iga märgi rendihinda, arvestades skeemi riigiteel seismise aega, liikluskorraldus vahendite paigaldust ja ära viimist, vajadusel uusi märkide loomist.

Pärast skeemide analüüsimist ja uurimuses edasi kasutatud tüüpskeemi väljaselgitamist autor kavatseb välja töötada antud skeemide muudatusi. Muudatused tehakse, lähtudes ajutise liikluskorralduse seadustest ja standarditest.

Autor kasutab töös AKÖL (Aasta keskmine ööpäeva liiklussagedus) mõõdetud väärtusi sõidukite voogu tugevuse hindamiseks uuritava alal, kus kasutati ajutisi liikluskorraldusskeeme. Andmeid võetakse arvesse ka simulatsioonimudelitel loomisel. Tüüpskeemi toimimise näitajate tuvastamiseks autor kasutab simulatsiooniprogrammi PTV Vissim 2023. Simulatsiooni tulemuste põhjal autor uuesti kontrollib tüüpskeemi kuluhinnangu tegemiseks, et teha kindlaks, kas uuel hinnal on erinevus esialgse tüüpskeemi hinnaga. Uuendatud kulukalkulatsioonis märkide rentimise aeg jääb sama, mis oli arvestatud esialgsete skeemide jaoks.

2.2 Intervjuude küsimused ja korraldus

Järgnevalt käesoleva lõputöö autor toob esile, kavandatavate intervjuude küsimusi (

Tabel). Küsimuste peamine eesmärk on selgitada erinevate huvipoolte seisukohad, ning koguda vastavalt eelnevalt kirjeldatud uurimuse strateegiale (**Error! Reference source not found.**4) andmeid, mis on autori hinnangul kriitilise tähtsusega, uurimuse edasiseks külgnemiseks.

Tabel 1. Intervjuu küsimused (koostatud autori poolt)

Jrk. Nr.:	Küsimus
1	Milliseid tüüpskeeme kohtab kõige sagemini töös?
2	Kas tüüpskeemid on rohkem keskendunud sotsiaalsele võimule või kasumile ettevõtetele, mis pakkuvad ajutisi liikluse muutmise teenuseid?
3	Kas ajutisi skeeme rohkem kasutatakse linna- või maanteedel?
4	Kui sageli tehakse ajutisi skeeme transpordiameti koostatud tüüpskeemide järgi?
5	Kuidas Te saate hinnata tüüpskeemide efektiivsust, kas on vaja muudatusi teha ja milliseid muudatusi Te sooviksite näha?
6	Kas Te näete tüüpskeemide muutmisel perspektiivi?
7	Kui keeruline võib olla tüüpskeemides muudatuste tegemine?

2.3 Ajutise liikluskorralduse skeemi valik

Lõputöö autor uuris Waymark OÜ nelja aasta jooksul koostatud ajutisi liikluskorraldusskeeme, millest 87 lõpetati maanteedel. Skeemidesse kuulusid kiiruspiirangud, foorid, reguleerijad, eesõigusmärgid ja 595c infotahvlite kasutamine. Autori analüüsi tulemusena ilmnes, et maanteedel kasutati kõige sagedamini tüüpskeeme, kus olid reguleerijad, foorid ja eesõigusmärgid. Näiteks esines 19 fooriga skeemi, 13 reguleerijat kasutavat skeemi ja 12 eesõigusmärkidega skeemi.

Valides skeemi, juhendub autor ka intervjuu tulemustest (vt punkt 3.1). Intervjuu tulemused näitasid, et kõige sagedamini kasutatakse teekitsenemise skeemi, kus rakendatakse valgusfoori, reguleerijat või eesõigusmärke. Intervjueeritavad mainisid vastustes ka juba nende tööprotsessi sisse viidud uuenduslikke tehnoloogiaid, mis praegustes skeemides ei kajastu. Need innovatsioonid tagavad suurema liiklusohutuse, ei kahjusta keskkonda ja on tõhusad oma toimimises. Seetõttu keskendub töö autor tüüpilise foori kasutava vooluringi analüüsimisele.

2.4 Tüüpskeemi nr. 23 modelleerimine ja simulatsioon

Transpordiameti esitatud tüüpskeem nr. 23 (vt Lisa 4.) kasutatakse teetöödel, mis hõlmavad ühe sõidurajaga tee sulgemist 1+1 sõidusuuna teedel. Modelleerimise ja simulatsioonide läbiviimiseks valis töö autor riigitee number 5 Pärnu – Rakvere – Sõmeru. Selle tee osas viidi läbi liiklusvoogude mõõtmised suunas Pärnu või Suund A (Joonis 5) ja suunas Sõmeru või Suund B (Joonis 6) 60-minutilise perioodi jooksul. Modelleeritava riigitee number 5 kogupikkus on 2,200 km. Peamine

modelleeritav lõik, kus toimub teetööde kitsendusala, on 130 meetrit. Ajaline intervall on esitatud sekundites, ja esimesi 10 minutit ei võeta arvesse.

Number	No	Name	Link	Volume(0-600)	Volume(600-1200)	Volume(1200-1800)	Volume
1	1	Sõmeru	1: Suund B	585.0	645.0	547.0	
2	2	Pämu	2: Suund A	1005.0	786.0	984.0	

Number	Cont	TimeInt	Volume	VehComp	VofType
1	☐	0-600	1005.0	1: Car, LGV, HGV (50 km/h)	Stochastic
2	☐	600-1200	786.0	1: Car, LGV, HGV (50 km/h)	Stochastic
3	☐	1200-1800	984.0	1: Car, LGV, HGV (50 km/h)	Stochastic
4	☐	1800-2400	878.0	1: Car, LGV, HGV (50 km/h)	Stochastic
5	☐	2400-3000	871.0	1: Car, LGV, HGV (50 km/h)	Stochastic
6	☐	3000-3600	782.0	1: Car, LGV, HGV (50 km/h)	Stochastic
7	☐	3600-MAX	668.0	1: Car, LGV, HGV (50 km/h)	Stochastic

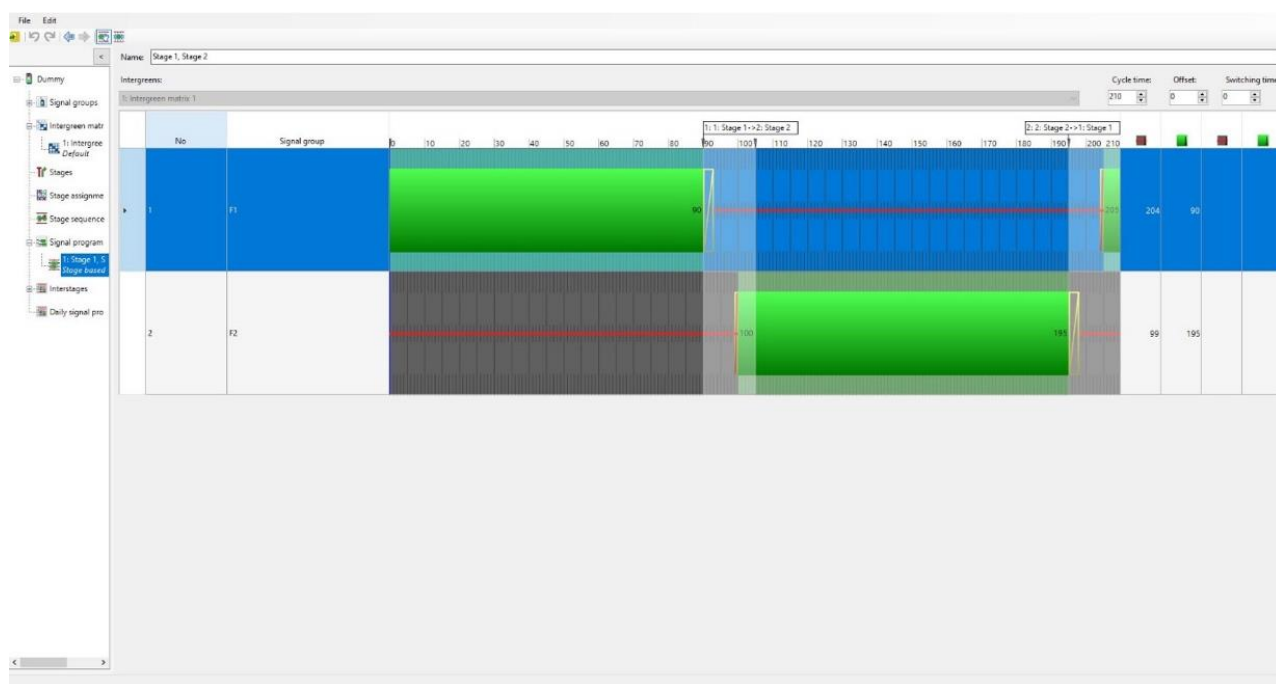
Joonis 5. Suund A voogu tugevus ja jaotus (koostatud autori poolt)

Number	No	Name	Link	Volume(0-600)	Volume(600-1200)	Volume(1200-1800)	Volume
1	1	Sõmeru	1: Suund B	585.0	645.0	547.0	
2	2	Pämu	2: Suund A	1005.0	786.0	984.0	

Number	Cont	TimeInt	Volume	VehComp	VofType
1	☐	0-600	585.0	1: Car, LGV, HGV (50 km/h)	Stochastic
2	☐	600-1200	645.0	1: Car, LGV, HGV (50 km/h)	Stochastic
3	☐	1200-1800	547.0	1: Car, LGV, HGV (50 km/h)	Stochastic
4	☐	1800-2400	782.0	1: Car, LGV, HGV (50 km/h)	Stochastic
5	☐	2400-3000	518.0	1: Car, LGV, HGV (50 km/h)	Stochastic
6	☐	3000-3600	816.0	1: Car, LGV, HGV (50 km/h)	Stochastic
7	☐	3600-MAX	793.0	1: Car, LGV, HGV (50 km/h)	Stochastic

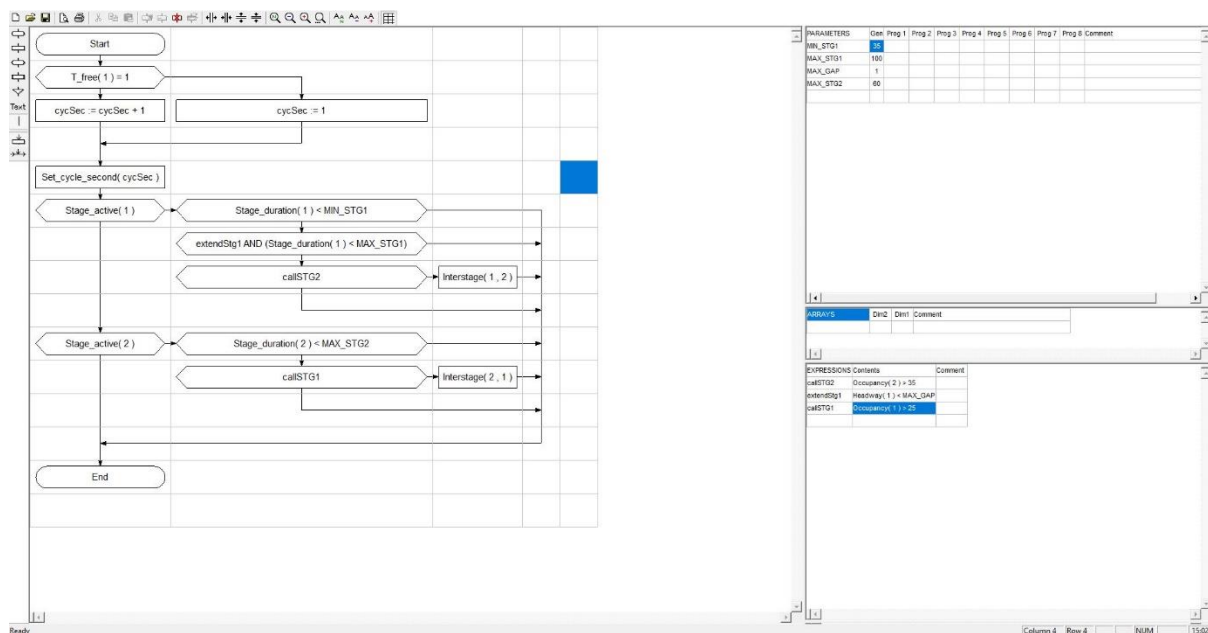
Joonis 6. Suund B voogu tugevus ja jaotus (koostatud autori poolt)

Autor esitas null- ja esimese stsenaariumi modelleerimise läbiviimiseks. Null-stsenaariumis viib autor läbi simulatsioonid, kasutades hetkel ajutise liikluskorralduse ajal kasutatavat foori. Antud foori tsükkel kestab 210 sekundit: 90 sekundit roheline tuli, 14 sekundit kollane (taktide vaheline kaitseaeg) tuli ja 106 sekundit punane tuli (vastassuunas liikuvatele sõidukitele) (Joonis 7).



Joonis 7. Olemasolev foori programm (koostatud autori poolt)

Esimeses stsenaariumis hõlmas simulatsiooni, autori poolt välja töötatud adaptiivse foorijuhitamise programmi rakendamine, koos sõidukite loendavate andurite kasutust. Autor planeeris sensorid 80 meetri kaugusele foorist Sõmeru suunas ja 50 meetri kaugusele foorist Pärnu suunas. Sensorite kauguse jaotus foorist (stopp joonest) sõltus mõõdetud liiklusvoo tugevusest (sõidukit/tunnis). Antud juhul, lähtudes autori poolt tehtud liiklusvoo mõõtmistest, liigub suurim arv sõidukeid, veokeid ning autoronge Pärnu suunas. Seega, selleks et läbilaskevõime oleks efektiivselt jaotatud vaadeldavas piirkonnas (teetööde maa), paigutatakse sensor lähemale. Autor koostas adaptiivse foori algoritmi koos sensoritega (Joonis 8).



Joonis 8. Foori programmi VAP algoritm (koostatud autori poolt)

Tsükli alguses on sisestatud andmed foori tööaja käivitamiseks sekundites. Järgmine samm on esimese faasi sisestamine, mille kestus on vähemalt 35 sekundit. Esimese faasi kestusel on kaks tingimust: liiklusvoogu tiheduse täitmine ja maksimaalne kestus milleks on 100 sekundit, mis on samuti ka autori väitel sarnane olemasoleva (ajapõhilise) foori programmiga. Kui need tingimused on täidetud, toimub üleminek teisele faasile, mille kutsungi hõivatus on mitte rohkem kui 35 sekundit. Teise faasi kestus on mitte rohkem kui 60 sekundit. Seejärel toimub esimese faasi kutsungi hõivamine, mille kestus on mitte rohkem kui 25 sekundit. Seejärel lõpetatakse tsükkel.

2.5 Mõõdikute defineerimine ja andme analüüs

Autor valis simulatsioonide mõõtmiseks neli põhilist kriteeriumi, kus igal kriteeriumil on omad mõõdikud. Simulatsioonide käigus autor mõõtis selliseid andmeid nagu LOS (level of service), kvaliteet, ühendusaeg ja teede võrgu efektiivsus. Autor hindab LOS-i viie mõõdiku seisukohast:

- ummiku pikkus (m) - igas ajaetapis mõõdetud järjekorra pikkus;
- sõidukite arv (tk);
- peatumiste arv (tk) - sõidukite peatumiste arv, iga süsteemi sõiduki kohta;
- peatumiste viivitus (s) - peatatud viivitus sõiduki kohta sekundites;
- teenindustase - teenuse taseme väärtus (numbriline ja tähestikuline).

Otsustades kvaliteedi üle, lähtub autor kahest mõõdikust:

- ummiku viivitus (s) – simulatsiooni intervalli (600 sec.) mõõtmise, kõigi sõidukite järjekorra viivitus;
- keskmine kiirus (km/t) - kõigi selle andmekogumise mõõtmise sõidukite kiiruse aritmeetiline keskmine vaadeldavas intervallis.

Ühendusaeg – ühenduse aja hindamisel võetakse arvesse autod, mis sõitsid ühest andurist mööda kuni teise andurini, samal ajal sai mõõdetud nende sõidukiirust. Ühendusaega hinnates lähtub autor neljast mõõdikust:

- sõidukid (tk) – anduritel registreeritud sõidukite arv;
- ühendusaeg (s) - sõidukite keskmine sõiduaeg võrgus (kahe anduri vahel);
- teekond (m) - läbitud vahemaa;
- keskmine kiirus (km/t) - sõidu kiirus takistuse (töömaa) ületamisel.

Teevõrgu efektiivsuse hindamisel annab autor hinnangu kolme mõõdiku alusel:

- tihedus (s/km) – transpordi voogu tihedus;
- relatiivne viivitus (s/s) – läbitud sõidumaa viivitusaja osa kogu reisiajast;
- sagedus (a/t).

3 TULEMUSED JA JÄRELDUSED

3.1 Intervjuu tulemused

Lõputöö raames viis autor läbi intervjuu, kus esitati järgmised küsimused (vt punkt 2.2). Esimese küsimuse osas, mis puudutas kõige sagedamini kasutatavaid tüüpskeeme, mis on välja töötatud transpordiameti poolt ja mida ettevõtted kasutavad, olid intervjuude vastused erinevad. Selle põhjal jõudis autor järeldusele, et sellised skeemid hõlmavad töid haljasaladel, mis ei takista liiklust, sõidurea kadumise ja kitsenemise tüüpskeeme, laadimis- ja markeerimistööde jooniseid, reguleerijate skeeme, liikuvate tööde skeeme, ühe sõiduraja sulgemise skeeme ning tööpiirkonda tee ääres/tee keskel.

Teise küsimuse osas, mis puudutas tüüpskeemide orientatsiooni ühiskondlikule või ettevõtte kasumile, olid intervjuuvastused ühtsed. Sellele tuginedes järeldab autor, et tüüpskeemide eesmärk on anda projekteerijale algvaade ajutise liikluskorralduse põhimõtetest ja tagada maksimaalne ohutus, samas vähendades mõju liikluse häirimisele.

Kolmanda küsimuse raames, mis puudutas tüüpskeemide kasutamist linnades või maanteedel, olid intervjuuvastused ühtsed. Sellest tulenevalt järeldab autor, et neid skeeme kasutatakse peamiselt maanteedel, kuna transpordiamet tegeleb enamasti riigiteedega, ja linnas on sageli eriolukorrad ja jalakäijad, kellega tuleb eraldi arvestada.

Neljanda küsimuse osas, mis puudutas tüüpskeemide sagedust ajutiste liikluskorraldusskeemide loomisel, olid intervjuuvastused ühtsed. Autor järeldab sellest, et tüüpskeeme koostatakse vastavalt tööloigu ja tööde iseloomule, arvestades transpordiameti koostatud tüüpskeemidega, mis on osa ajutise liikluskorralduse määrusest.

Viienda küsimuse raames, mis puudutas vajadust muuta transpordiameti poolt koostatud tüüpskeeme, olid intervjuuvastused ühtsed. Autor järeldab, et on oluline kaaluda tüüpskeemide kaasajastamist, sest need ei kajasta piisavalt teedehituses tekkivaid olukordi.

Kuues küsimus puudutas perspektiivi muuta tüüpskeeme, olid intervjuuvastused ühtsed. Intervjuuvastuste põhjal järeldab autor, et uued tooted ja lahendused, mis aitavad kaasa ohutumale ja efektiivsemale liikluskorraldusele, peaksid jõudma tüüpskeemidele kiiremini. Praegu kehtivad skeemid on pärit aastast 2018, ja sellest ajast peale ei ole neid uuendatud.

Seitsmenda küsimuse raames, mis puudutas muudatuste tegemise raskust tüüpskeemidesse, olid intervjuuvastused erinevad. Autor järeldab, et määruste muudatused on tavaliselt pikaajalised protsessid, mis nõuavad ministeeriumilt täpset aega ja tee läbimist. See protsess nõuab ressursi- ja ajakulukat koostööd ning ettepanekute kogumist ja neile vastamist.

Kokkuvõtvalt saab järeldada, et tüüpskeemid on väärtuslikud juhendid projekteerijatele, mis aitavad saavutada maksimaalset liiklusohutust ajutise liikluskorralduse juures. Siiski ei ole tüüpskeemid alati universaalselt rakendatavad kõikide teetööde ja olukordade puhul, pigem pakuvad need ülevaadet ajutise liikluskorralduse võimalikest lahendustest. Tüüpskeemide regulaarne uuendamine on oluline, kuna üle maailma arenevad uued tehnoloogiad, mis võivad veelgi suurendada liiklusohutust. Samuti käesoleva lõputöö autor, lähtudes intervjuude käigus saadud teabele, toob esile tüüpskeemide eeliste ja puuduste võrdluse, mis sai esitatud allolevas tabelis (Tabel 2).

Tabel 2. Tüüpskeemide eelised ja puudused (autori koostatud)

Eelised	Puudused
Tüüpskeemid pakuvad standardseid lahendusi, mis võivad hõlbustada projekteerimis- ja rakendusprotsessi, eriti korduvate või sarnaste projektide puhul	Tüüpskeemid võivad olla liialt üldised, mis ei pruugi sobida kõikide olukordade jaoks. Mõnikord on vaja spetsiifilisi lahendusi keerulisematele või erilistele oludele
Standardiseeritud skeemide kasutamine võib kiirendada ajutise liikluskorralduse planeerimise ja rakendamise protsessi, vähendades vajadust igakordsete lahenduste järele	Standardiseeritud skeemid võivad olla vähem paindlikud kohanemaks muutuvate tingimustega või eriprojektidega
Kui tüüpskeemid põhinevad varasematel edukatel kogemustel, võib see suurendada ajutise liikluskorralduse tõhusust ja ohutust	Tüüpskeemid ei pruugi arvesse võtta kõiki kohalikke keskkonnatingimusi või erisusi, mis võivad mõjutada nende tõhusust
Standardsete lahenduste kasutamine võib vähendada disainikuluseid, kuna ei ole vaja iga kord nullist alustada	Kui tüüpskeemid ei ole ajakohased või ei võta arvesse uusi tehnoloogiaid ja parimaid tavasid, võivad need muutuda aegunuks ja kaotada efektiivsuse

Kui tüüpskeemid on laialdaselt kasutusel, võivad liiklejad muutuda nende suhtes tuttavaks, suurendades arusaadavust ja ohutust	Tüüpskeemide üldistatud olemus võib põhjustada olukordi, kus üks suurus ei pruugi sobida kõikidele olukordadele, eriti keerukamate ehitusprojektide puhul
--	---

3.2 Modelleerimise tulemused ja kulude arvestus

Simulatsioonide käigus, mida teostati PTV Vissim 2023 tarkvaras ja saadud mõõtmiste kriteeriumidest (vt punkt 2.5), koostas autor järelduste jaoks kaks tabelit, mis kirjeldavad keskmisi ja ajalisi väärtusi null- ja esimese stsenaariumi jaoks.

Tabel 3. Stsenaarium 0 – olemasolev olukord (autori koostatud)

Kriteerium:	Mõõdikud:				
LOS:	Ummiku pikkus (m)	Sõidukite arv (tk)	Peatumiste arv (tk)	Peatumiste viivitus (s)	Teenindustase
	506,79	816,67	0,18	14,74	2
	Mõõdikud:				
Kvaliteet:	Ummiku viivitus (s)			Keskmine kiirus (km/t)	
	64,30			53,73	
Kriteerium:	Mõõdikud:				
Ühendusaeg:	Sõidukid (tk)		Ühendusaeg (s)	Teekond (m)	Keskmine kiirus (km/t)
	155		117,80	532,72	16,28
Kriteerium:	Mõõdikud:				
	Tihedus (s/km)		Relatiivne viivitus (s/s)		Sagedus (a/t)

Teedevõrgu effektiivsus:	28,39	19%	773,96
-----------------------------	-------	-----	--------

Antud tabel (Tabel 3) näitab tulemusi, mis saadi simulatsiooni käigus, kasutades tüüp skeemi nr. 23 kasutusel olevat foori riigi teel nr. 5 Pärnu – Rakvere – Sõmeru. Liiklusvoogude süsteemi kasutamise tase on 2 või B. Sellega seoses on ummiku pikkus 506,79 meetrit, autode arv 816,67, peatumiste arv 0,18 ja peatumiste viivitus 14,74 sekundit. Kõigi sõidukite ummiku viivitus on 64,30 sekundit ja nende keskmine kiirus 53,73 km/h, olukorras kus, maksimaalselt lubatud sõidukiirus on 90 km/t, ning töömaa piirides 50 km/t. Autode ühendamise aeg, kui läbitakse vahemaa 532,72 meetrit, on 117,80 sekundit. Sel ajal on autode arv 155 ja nende keskmine kiirus läbimise ajal on 16,28 km/h. Sõidukite tihedus on 28,39 autot kilomeetri kohta. Relatiivne viivitus (kogu tee + takistused + peatused) on 19%. Sõidukite sagedus tunnis on 773,96.

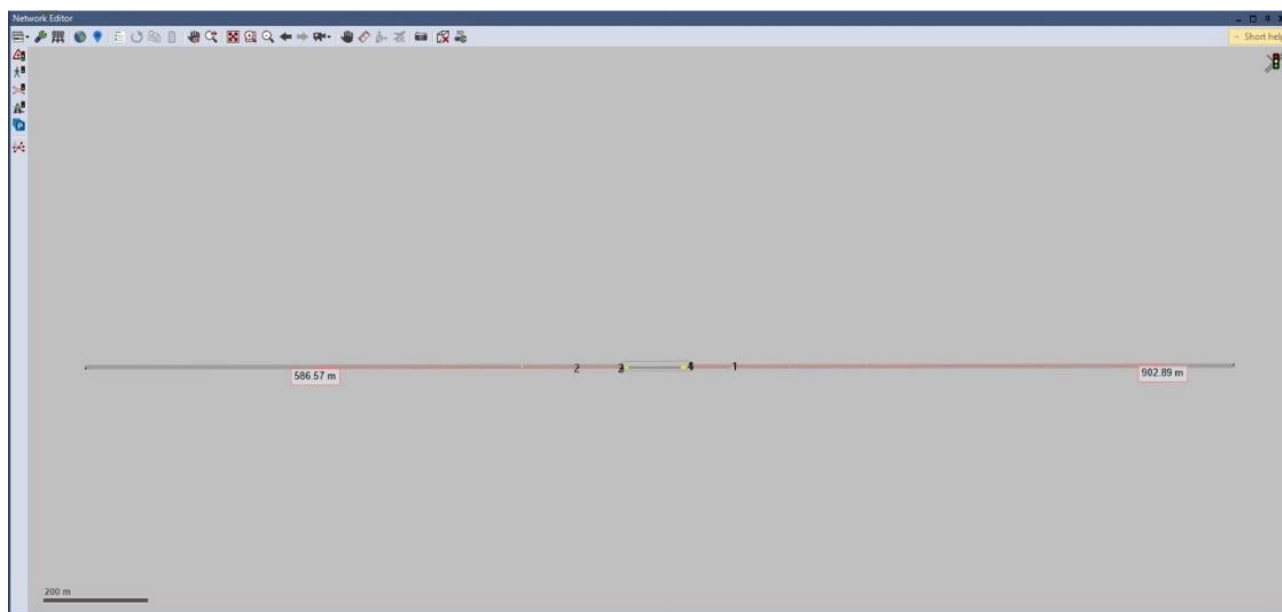
Tabel 4. Stsenaarium 1 - VAP foori programm (autori koostatud)

Kriteerium:	Mõõdikud:				
LOS:	Ummiku pikkus (m)	Sõidukite arv (tk)	Peatumiste arv (tk)	Peatumiste viivitus (s)	Teenindustase
	496,66	974,67	0,22	16,94	3
Kriteerium:	Mõõdikud:				
Kvaliteet:	Ummiku viivitus (s)			Keskmine kiirus (km/t)	
	19,96			56,36	
Kriteerium:	Mõõdikud:				
Ühendusaeg:	Sõidukid (tk)		Ühendusaeg (s)	Teekond (m)	Keskmine kiirus (km/t)
	730		82,52	532,72	23,24
Kriteerium:	Mõõdikud:				

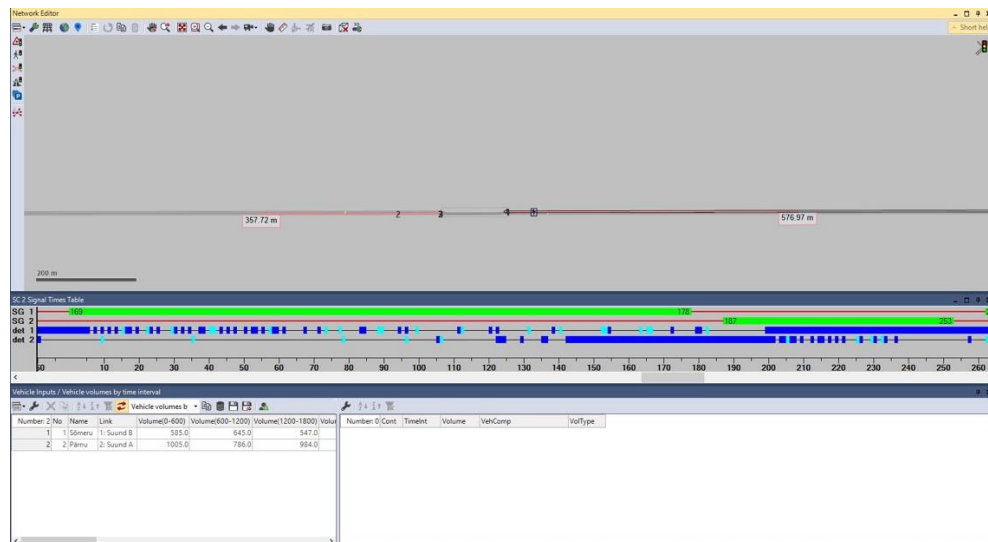
Teedevõrgu effektiivsus:	Tihedus (s/km)	Relatiivne viivitus (s/s)	Sagedus (a/t)
	24,97	17%	781,10

Antud tabelis (Tabel 4) esitas lõputöö autor simulatsiooni tulemusi, mida koguti riigi tee nr 5 Pärnu – Rakvere – Sõmeru adaptiivse foorijuhitamise programmi rakendamise, koos sõidukite loendavate andurite kasutamisel. Liiklusvoogude süsteemi kasutamise tase on 3 või C. Seega on ummiku pikkus 496,66 meetrit, autode arv 974,67, peatumiste arv 0,22 ja peatumiste viivitus 16,94 sekundit. Kõigi sõidukite järjekorra viivituse väärtus sai olla mõõdetud 19,96 sekundit ning süsteemis liiklevate sõidukite keskmine kiirus jäi 56,36 km/h väärtusele. Autode ühendamise aeg, kui läbitakse vahemaa 532,72 meetrit, on 82,52 sekundit. Sel ajal on autode arv 730 ja nende keskmine kiirus läbimise ajal on 23,24 km/h. Sõidukite tihedus on 24,97 autot kilomeetri kohta. Relatiivne viivitus (kogu tee + takistused + peatused) on 17%. Sõidukite sagedus tunnis on 781,10.

Simulatsioonide tulemusena tuvastas autor ummikute suuruse Pärnu suunas või Suund A ja Sõmeru suunas või Suund B, kasutades tavalist foori (Joonis 9) ja adaptiivset foori koos anduriga (Joonis 10).

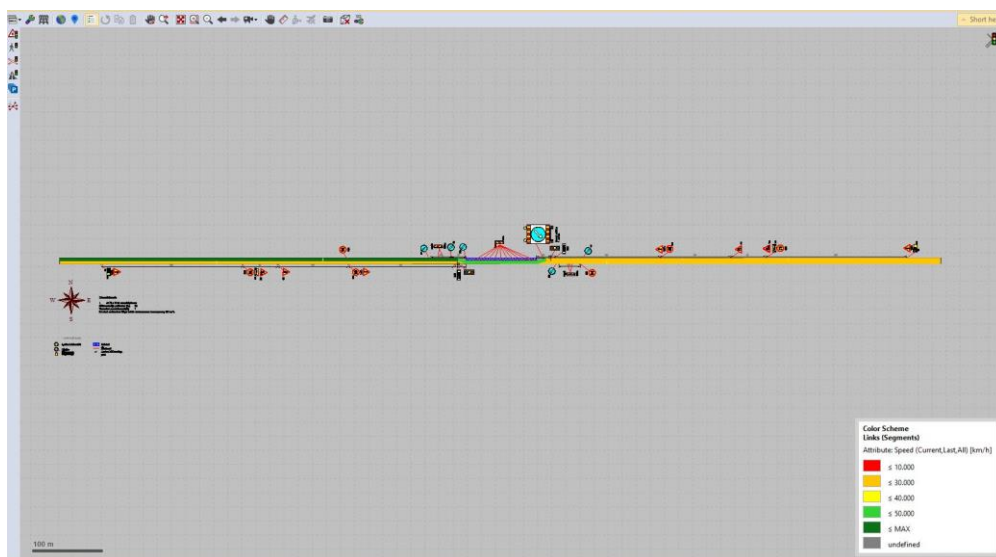


Joonis 9. Olemasolev foori ummik (koostatud autori poolt)



Joonis 10. VAP foori ummik (koostatud autori poolt)

Simulatsioonide käigus mõttis autor sõidukite kiirust riigimaanteel number 5 Pärnu – Rakvere – Sõmeru mõlemas suunas (Joonis 11) ning identifitseeris sõidukite soovitud kiirused (Joonis 12).



Joonis 11. Kiirus (km/t) (koostatud autori poolt)

3.3 Võrdlus analüüs

Autor võrdles simulatsiooni null- ja esimese stsenaariumi mõõtmistulemusi (Tabel 5). Esimese kriteeriumi LOS andmete põhjal järeldas autor, et adaptiivse foori ja andurite kasutamisel vähenes ummiku pikkus keskmiselt 10,13 meetrit. Andurite kasutamisel suurenes läbitavate autode arv 158 võrra. Siiski suurenes ooteaeg 0,04 sekundit sõiduki võrra ja peatumiste viivitus suurenes 2,20 sekundi võrra. Seega oli teenindustase 3 või C.

Teise kvaliteedikriteeriumi tulemusi analüüsid joudis autor järeldusele, et andurite kasutamisel vähenes sõidukite viivitus ummikutes 44,34 sekundi võrra ja keskmine kiirus suurenes 2,64 km/h võrra.

Kolmanda kriteeriumi ühendusaeg tulemuste põhjal järeldas autor, et andurite kasutamisel suurenes 532,72 meetri pikkuse takistuse läbivate sõidukite arv 575 võrra ja ühendusaeg vähenes 35,28 sekundi võrra. 532,72 meetri läbivate autode keskmine kiirus suurenes 6,96 km/h võrra.

Neljanda kriteeriumi teede võrgu efektiivsuse tulemuste põhjal järeldas autor, et andurite kasutamine vähendas sõidukite tihedust kilomeetri kohta 3,43 võrra, muutes liikluse tihedamaks. Relatiivne viivitus vähenes 2% võrra ja tee sõiduraja läbilaskevõime suurenes 7,14 sõiduki võrra.

Tabel 5. Stsenaariumite võrdlus (autori koostatud)

Kriteerium:	Mõõdikud:				
LOS:	Ummiku pikkus (m)	Sõidukite arv (tk)	Peatumiste arv (tk)	Peatumiste viivitus (s)	Teenindustase
	10,13	-158,00	-0,04	-2,20	-1
Kriteerium:	Mõõdikud:				
Kvaliteet:	Ummiku viivitus (s)			Keskmine kiirus (km/t)	
	44,34			-2,64	
Kriteerium:	Mõõdikud:				
Ühendusaeg:	Sõidukid (tk)		Ühendusaeg (s)	Teekond (m)	Keskmine kiirus (km/t)
	-575		35,28	0	-6,96
Kriteerium:	Mõõdikud:				
	Tihedus (s/km)		Relatiivne viivitus (s/s)		Sagedus (a/t)

Teedevõrgu effektiivsus:	3,43	2%	-7,14
-----------------------------	------	----	-------

Kahe simuleeritud tulemuse võrdlemise käigus ummiku pikkuse kohta (Joonis 9 ja Joonis 10) jõudis autor järeldusele, et adaptiivne foor koos anduriga vähendas ummiku pikkust suunas Pärnu või Suund A 325,92 meetri võrra ja suunas Sõmeru või Suund B 228,85 meetri võrra.

3.4 Parandus ettepanekud

PTV Vissim on dünaamiline liikluse modelleerimise tarkvara, mida kasutatakse teede, tänavate ja ristmike liikluse simulatsioonide loomiseks ning analüüsimiseks. PTV Vissim võimaldab kasutajatel luua realistlikke simulatsioone, kus saab modelleerida erinevaid liiklusstsenaariume, sõidukite käitumist, ristmikke, foorisüsteeme ja palju muud. See võimaldab analüüsida liikluse mõju, hinnata tee või ristmiku tõhusust ning teha otsuseid liikluskorralduse parendamiseks.

Programmi PTV Vissim abil õnnestus autoril läbi viia simulatsioonid kahe stsenaariumi - hetkel kasutusel oleva foori ja adaptiivse foori anduritega - läbilaskevõime, ühendusaegade, kvaliteedi ja teedevõrgu efektiivsuse testimiseks. Mõlema stsenaariumi simulatsioonide läbiviimine ja analüüs näitasid, et adaptiivsete fooride kasutamine ajutise liikluskorralduse korral on efektiivsem. Esimese stsenaariumi simulatsioonid näitasid, et ummiku pikkust saab vähendada umbes 300 meetri võrra. Kuigi ooteaeg ja peatumiste viivitus suurenesid, suurenes läbivate autode arv 158 võrra. Sõidukid veedavad vähem aega ummikutes, kuna ummiku viivitus vähenes 44 sekundi võrra ja keskmine kiirus suurenes 3 km/h võrra. Adaptiivsete fooride kasutamine võimaldab läbida takistuse 575 autoga rohkem, ja keskmine kiirus takistuse läbimisel suurenes 7 km/h võrra. Siiski muutus liiklus tihedamaks, kuid sõiduraja läbilaskevõime suurenes 7 sõiduki võrra.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et adaptiivsete fooride kasutamine vähendab ummikute pikkust, võimaldab sõidukitel säästa aega ummikutes ja takistuste ületamisel tekkivate viivituste arvelt, suurendades samal ajal keskmist kiirust.

Arvestades PTV Vissim programmi simulatsioonide tulemusi ja intervjuude tulemusi (vt punkt 3.1), teeb töö autor järelduse, et transpordiamet peaks arvestama nutikate tehnoloogiatega, rakendama innovatsioone standardlahendustesse ning kirjeldama nende kasutamist standardites ja regulatsioonides.

KOKKUVÕTTE

Autori lõputöö eesmärgiks oli analüüsida praegu kehtivate ajutise liikluskorralduse tüüpskeemide toimimist ning esitada ettepanekud nende parendamiseks. Lõputöö alguses seadis autor kolm uurimisküsimust:

1. Milliseid tüüpskeeme kasutatakse tänapäeval kõige sagedamini liikluse ajutise korraldamise meetmena Eesti maanteedel?
2. Kas enamkasutatavates tüüpskeemides on kitsaskohti mis oma korda on seotud, kulu ja liiklusohutusega, ning mida saab nende näitajate kvaliteedi parandamiseks muuta.
3. Millist mõju avaldavad enamkasutatavate tüüpskeemide muudatused organisatsioonidele ja liikluskorraldajate majandustulemustele?

Autori läbiviidud intervjuud ettevõtetega, mis pakuvad ajutise liikluskorralduse teenuseid, ning uurimine tüüpskeemide kasutamise kohta, lähtudes Waymark OÜ poolt tehtud töödest, viis autori järeldusele, et tüüpskeemid vajavad uuendamist, kaasates nutikaid tehnoloogiaid.

Teoreetilises osas kirjeldab autor, mis on ajutine liikluskorraldus, kuidas skeemi loomise protsess toimub, millised tegurid mõjutavad ajutisi liiklusmuutusi, milline on ohutuse ja tõhususe tähtsus ajutiste muutuste loomisel, millised on riskid ja ohud, analüüsib kehtivaid tüüpskeeme ning milliseid uuendusi juba teistes riikides kasutatakse.

Analüüsides ajutise liikluskorralduse tüüpskeemide seisundit, intervjuude tulemusi ja Waymark OÜ poolt kasutatud skeeme, märkas autor, et tüüpskeeme kasutatakse peamiselt maanteedel puhul ja populaarsed on skeemid, mis näitavad võimalike tööriistade kasutamist tee kitsendamisel. Sellest lähtuvalt otsustas autor modelleerida PTV Vissim 2023 programmis tüüpskeemi number 23 "Fooride kasutamine". Kuna see skeem on kasutusel 1+1 maanteel, valis autor modelleerimiseks riigitee number 5 Pärnu – Rakvere – Sõmeru, kus skeemi number 23 oli kõige sagedamini kasutusel, ja samuti vastas käsitletud mantee eelnevalt mainitud parameetritele.

Simulatsioonides kasutas töö autor null-stsenariumist väljumisel hetkel kasutusel oleva foori süsteemi ja esimest stsenaariumi, kus kasutati adaptiivset foorijuhtimist koos anduritega. Töö simulatsioonide jaoks loodi autor programm tavalise foori jaoks ning algoritm adaptiivse foori jaoks. Lisaks tehti mõõtmisi liiklusvoogude kohta maanteel number 5. Simulatsioonide mõõtmised hõlmasid nelja kriteeriumi: LOS, kvaliteet, ühendusaeg ja teedevõrgu efektiivsus.

Autor jätkas mõõtmiste analüüsimist null- ja esimese stsenaariumi simulatsioonide käigus ning tegi võrdleva analüüsi. Võrdlev analüüs näitas, et adaptiivne foor koos anduritega töötab efektiivsemalt. Selle kasutamisel väheneb ummiku pikkus oluliselt, suureneb liiklusvoo läbilaskevõime ja tõuseb keskmine kiirus. See võimaldab autojuhtidel säästa aega ummikutes ja takistuste ületamisel, mis tekivad teetööde käigus.

Arvestades PTV Vissim programmi simulatsioonide tulemusi ja intervjuude tulemusi, teeb töö autor järelduse, et transpordiamet peaks arvestama nutikate tehnoloogiatega, rakendama innovatsioone standardlahendustesse ning kirjeldama nende kasutamist standardites ja määrustes. Autor jõudis järeldusele, et innovaatiliste tehnoloogiate rakendamine võib olla kallim ettevõtetele, mis tegelevad ajutise liikluskorraldusega, seega on sotsiaalne ja finantsaspekt mõistlik hoida käesoleva lõputöö raamides. Siiski rõhutas autor, et see pole lõputöö eesmärk.

SUMMARY

"Analysis of temporary traffic management standard schemes and improvement proposals"

The author's aim in the thesis was to analyse the functioning of currently applicable temporary traffic management schemes and propose improvements. At the beginning of the thesis, the author posed three research questions:

- What schemes are most frequently used as temporary traffic management measures on Estonian roads today?
- Are there any shortcomings in the most used schemes related to cost, safety, and traffic, and what can be changed to improve the quality of these indicators?
- What impact do changes in the most used schemes have on organisations and traffic management operators' financial results?

Through interviews with companies providing temporary traffic management services and an examination of the use of standard schemes based on the work done by Waymark OÜ, the author concluded that standard schemes need updating, incorporating intelligent technologies.

In the theoretical part, the author describes what temporary traffic management is, how the scheme creation process works, the factors influencing temporary traffic changes, the significance of safety and efficiency in creating temporary changes, the risks and hazards involved, analyses existing standard schemes, and explores innovations used in other countries.

Analysing the state of temporary traffic management schemes, interview results, and schemes used by Waymark OÜ, the author noticed that schemes are used mainly on highways, with schemes showing possible tools used for road narrowing being popular. The author decided to model standard scheme number 23, "Use of Traffic Lights", in the PTV Vissim 2023 program. Since this scheme is used on a 1+1 highway, the author chose to model State Road No. 5 Pärnu – Rakvere – Sõmeru, where scheme number 23 was most frequently used and met the abovementioned parameters.

In the simulations, the author used the zero scenario with the currently used traffic light system and the first scenario with an adaptive traffic light with sensors. The author created a program for a regular traffic light and an algorithm for an adaptive traffic light for simulation. Additionally, measurements of traffic flows on highway number 5 were taken. Simulation measurements included four criteria: Level of Service (LOS), quality, connection time, and network efficiency.

The author analysed the measurements during zero and the first scenario simulations and conducted a comparative analysis. The comparative study showed that the adaptive traffic light with sensors operates more efficiently. Its use significantly reduces the length of traffic jams, increases traffic flow capacity, and raises the average speed. This allows drivers to save time in traffic jams and overcome obstacles arising from roadwork.

Considering the results of simulations in the PTV Vissim program and including interview results, the author concludes that the transport department should consider innovative technologies, implement innovations in standard solutions, and describe their use in standards and regulations. The author concluded that implementing innovative technologies may be more expensive for companies involved in temporary traffic management; therefore, the social and financial aspects make sense within the scope of this thesis. However, the author emphasised that this is not the goal of the thesis.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] Nõuded ajutisele liikluskorraldusele, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/119072018012>. [Kasutatud 5. november, 2023].
- [2] Nõuded ajutisele liikluskorraldusele, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/119072018012>. [Kasutatud 5. november, 2023].
- [3] Nõuded ajutisele liikluskorraldusele, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/119072018012>. [Kasutatud 5. november, 2023].
- [4] Nõuded ajutisele liikluskorraldusele, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/119072018012>. [Kasutatud 5. november, 2023].
- [5] Eesti Vabariigi maanteeeadus, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/30572#o>. [Kasutatud 7. november, 2023].
- [6] Eesti Vabariigi maanteeeadus, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/30572#o>. [Kasutatud 7. november, 2023].
- [7] Eesti Vabariigi maanteeeadus, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/30572#o>. [Kasutatud 7. november, 2023].
- [8] Eesti Vabariigi maanteeeadus, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/30572#o>. [Kasutatud 7. november, 2023].
- [9] Eesti Vabariigi maanteeeadus, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/30572#o>. [Kasutatud 7. november, 2023].
- [10] Eesti Vabariigi maanteeeadus, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/30572#o>. [Kasutatud 7. november, 2023].
- [11] Riigiteede ajutine liikluskorraldus , [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/media/1609/download>. [Kasutatud: 10. november, 2023].
- [12] Riigiteede ajutine liikluskorraldus , [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/media/1609/download>. [Kasutatud: 10. november, 2023].
- [13] Riigiteede ajutine liikluskorraldus , [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/media/1609/download>. [Kasutatud: 10. november, 2023].
- [14] Riigiteede ajutine liikluskorraldus , [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/media/1609/download>. [Kasutatud: 10. november, 2023].
- [15] Waymark OÜ, Ametlik dokument ajutise maanteeliikluse korraldamiseks, Tallinn, 2020.

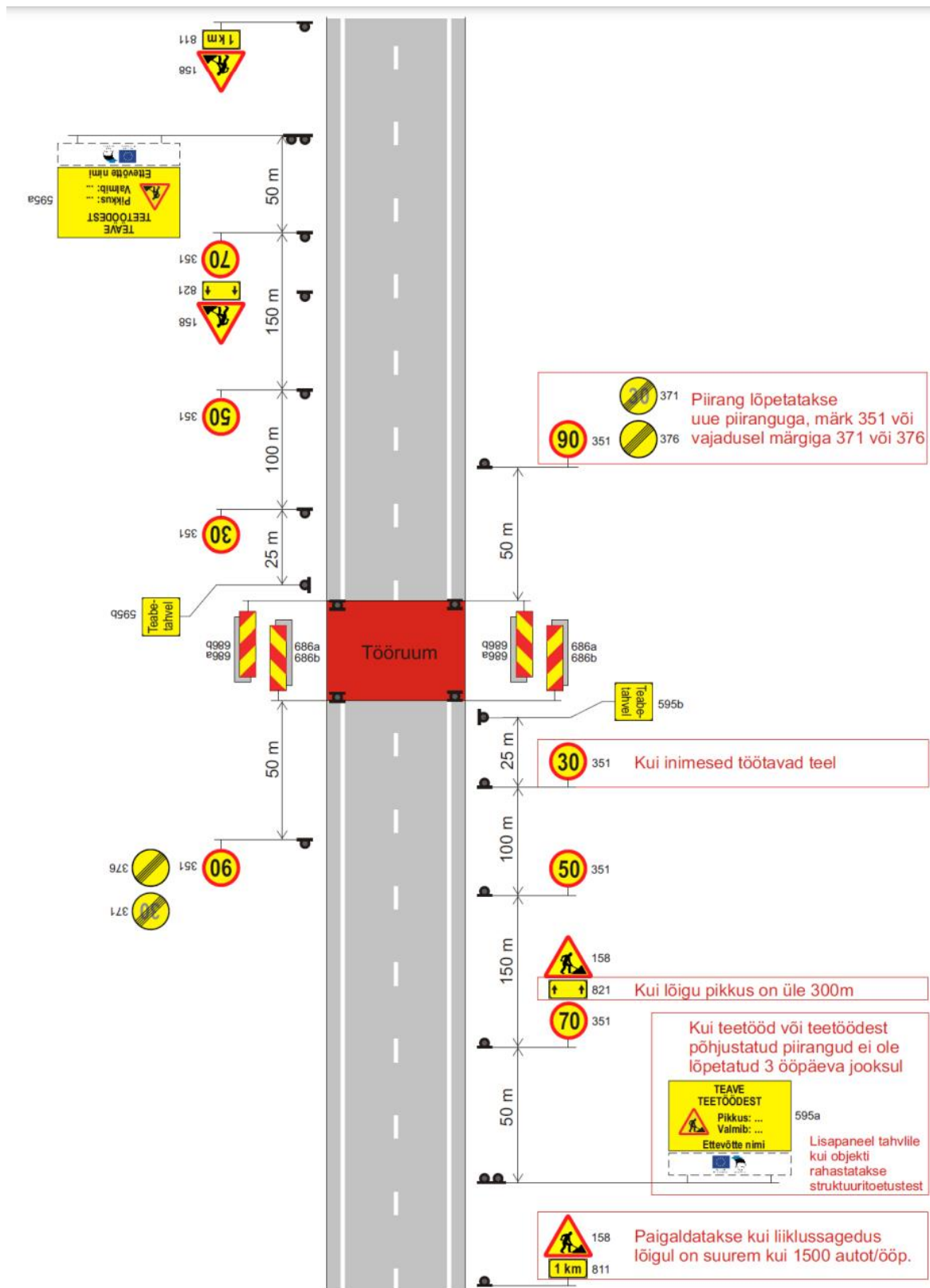
- [16] Waymark OÜ, Ametlik dokument ajutise maanteeliikluse korraldamiseks, Tallinn, 2020.
- [17] Temporary traffic management, [Võrgumaterjal]. Available:
<https://www.worksafe.act.gov.au/health-and-safety-portal/safety-by-industry/building-and-construction/temporary-traffic-management>. [Kasutatud 12. november, 2023].
- [18] Temporary traffic management, [Võrgumaterjal]. Available:
<https://www.worksafe.act.gov.au/health-and-safety-portal/safety-by-industry/building-and-construction/temporary-traffic-management>. [Kasutatud 12. november, 2023].
- [19] Temporary traffic management, [Võrgumaterjal]. Available:
<https://www.worksafe.act.gov.au/health-and-safety-portal/safety-by-industry/building-and-construction/temporary-traffic-management>. [Kasutatud 12. november, 2023].
- [20] Temporary traffic management, [Võrgumaterjal]. Available:
<https://www.worksafe.act.gov.au/health-and-safety-portal/safety-by-industry/building-and-construction/temporary-traffic-management>. [Kasutatud 12. november, 2023].
- [21] Temporary traffic management, [Võrgumaterjal]. Available:
<https://www.worksafe.act.gov.au/health-and-safety-portal/safety-by-industry/building-and-construction/temporary-traffic-management>. [Kasutatud 12. november, 2023].
- [22] TREV-2 Grupp AS, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.trev2.ee/et/>. [Kasutatud 8. november, 2023].
- [23] RPE Liikluskorralduse OÜ, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.rpe.ee/>. [Kasutatud 8. november, 2023].
- [24] Ramudden OÜ, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.ramudden.ee/>. [Kasutatud 8. november, 2023].
- [25] Waymark OÜ, [Võrgumaterjal]. Available: <https://waymark.ee/>. [Kasutatud 8. november, 2023].
- [26] Signaal TM AS, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.signaal.ee/index.php/et/>. [Kasutatud 8. november, 2023].
- [27] Warren Safety OÜ, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.warrensafety.com/>. [Kasutatud 8. november, 2023].
- [28] Lõunaliiklus OÜ, [Võrgumaterjal]. Available: <https://lounaliiklus.ee/>. [Kasutatud 8. november, 2023].

- [29] Temporary Traffic Management of Major Construction Projects, [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Bishoy-Kelleny-2/publication/287302468_Temporary_Traffic_Management_of_Major_Construction_Projects-_Case_Study_Metro_Riyadh/links/56752b5208ae125516e4de38/Temporary-Traffic-Management-of-Major-Construction-Projects-Case-Study-Metro-Riyadh.pdf. [Kasutatud 8. november, 2023].
- [30] Temporary Traffic Management of Major Construction Projects, [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Bishoy-Kelleny-2/publication/287302468_Temporary_Traffic_Management_of_Major_Construction_Projects-_Case_Study_Metro_Riyadh/links/56752b5208ae125516e4de38/Temporary-Traffic-Management-of-Major-Construction-Projects-Case-Study-Metro-Riyadh.pdf. [Kasutatud 8. november, 2023].
- [31] Temporary Traffic Management of Major Construction Projects, [Võrgumaterjal]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Bishoy-Kelleny-2/publication/287302468_Temporary_Traffic_Management_of_Major_Construction_Projects-_Case_Study_Metro_Riyadh/links/56752b5208ae125516e4de38/Temporary-Traffic-Management-of-Major-Construction-Projects-Case-Study-Metro-Riyadh.pdf. [Kasutatud 8. november, 2023].
- [32] Riigiteede ajutine liikluskorraldus, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/media/1609/download>. [Kasutatud: 11. november, 2023].
- [33] Riigiteede ajutine liikluskorraldus, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/media/1609/download>. [Kasutatud: 11. november, 2023].
- [34] Riigiteede ajutine liikluskorraldus, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/media/1609/download>. [Kasutatud: 11. november, 2023].
- [35] Nõuded ajutisele liikluskorraldusele, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/119072018012>. [Kasutatud 12. november, 2023].
- [36] Nõuded ajutisele liikluskorraldusele, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/119072018012>. [Kasutatud 12. november, 2023].
- [37] Nõuded ajutisele liikluskorraldusele, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/119072018012>. [Kasutatud 12. november, 2023].
- [38] Nõuded ajutisele liikluskorraldusele, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/119072018012>. [Kasutatud 12. november, 2023].

- [39] Põhja Politseiprefektuur, “Liiklusohutus Põhja Politseiprefektuuri tööpiirkonnas ja seda mõjutavad tegurid”, [Võrgumaterjal]. Available: <https://dspace.ut.ee/server/api/core/bitstreams/64f246cb-e279-42bc-b900-6fd1dde5e4be/content>. [Kasutatud 13. november, 2023].
- [40] Закон о дорожном движении, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.prava.ee/zakon-o-dozorhnom-dvizhenii/>. [Kasutatud 13. november, 2023].
- [41] Закон о дорожном движении, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.prava.ee/zakon-o-dozorhnom-dvizhenii/>. [Kasutatud 13. november, 2023].
- [42] ITS & teeinfosüsteemid, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.teed.ee/teenused/teeinfosusteemid/its/>. [Kasutatud 13. november, 2023].
- [43] ITS & teeinfosüsteemid, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.teed.ee/teenused/teeinfosusteemid/its/>. [Kasutatud 13. november, 2023].
- [44] Riigiteede ajutine liikluskorraldus, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/media/1609/download>. [Kasutatud: 16. november, 2023].
- [45] Riigiteede ajutine liikluskorraldus, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/media/1609/download>. [Kasutatud: 16. november, 2023].
- [46] Riigiteede ajutine liikluskorraldus, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/media/1609/download>. [Kasutatud: 16. november, 2023].
- [47] Riigiteede ajutine liikluskorraldus, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/media/1609/download>. [Kasutatud: 16. november, 2023].
- [48] Riigiteede ajutine liikluskorraldus, [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.transpordiamet.ee/media/1609/download>. [Kasutatud: 16. november, 2023].
- [49] Waymark OÜ, Ajutiste liikluskorraldusvahendite rentimise üldtingimused, Tallinn, 2021.
- [50] Waymark OÜ, Ajutiste liikluskorraldusvahendite rentimise üldtingimused, Tallinn, 2021.
- [51] Waymark OÜ, Ajutiste liikluskorraldusvahendite rentimise üldtingimused, Tallinn, 2021.
- [52] Waymark OÜ, Ajutiste liikluskorraldusvahendite rentimise üldtingimused, Tallinn, 2021.
- [53] Waymark OÜ, Ajutiste liikluskorraldusvahendite rentimise üldtingimused, Tallinn, 2021.
- [54] Innovation At Go Traffic Management, [Võrgumaterjal]. Available: <https://gtm.co.uk/about-us/innovation/>. [Kasutatud: 17. november, 2023].
- [55] Innovation At Go Traffic Management, [Võrgumaterjal]. Available: <https://gtm.co.uk/about-us/innovation/>. [Kasutatud: 17. november, 2023].

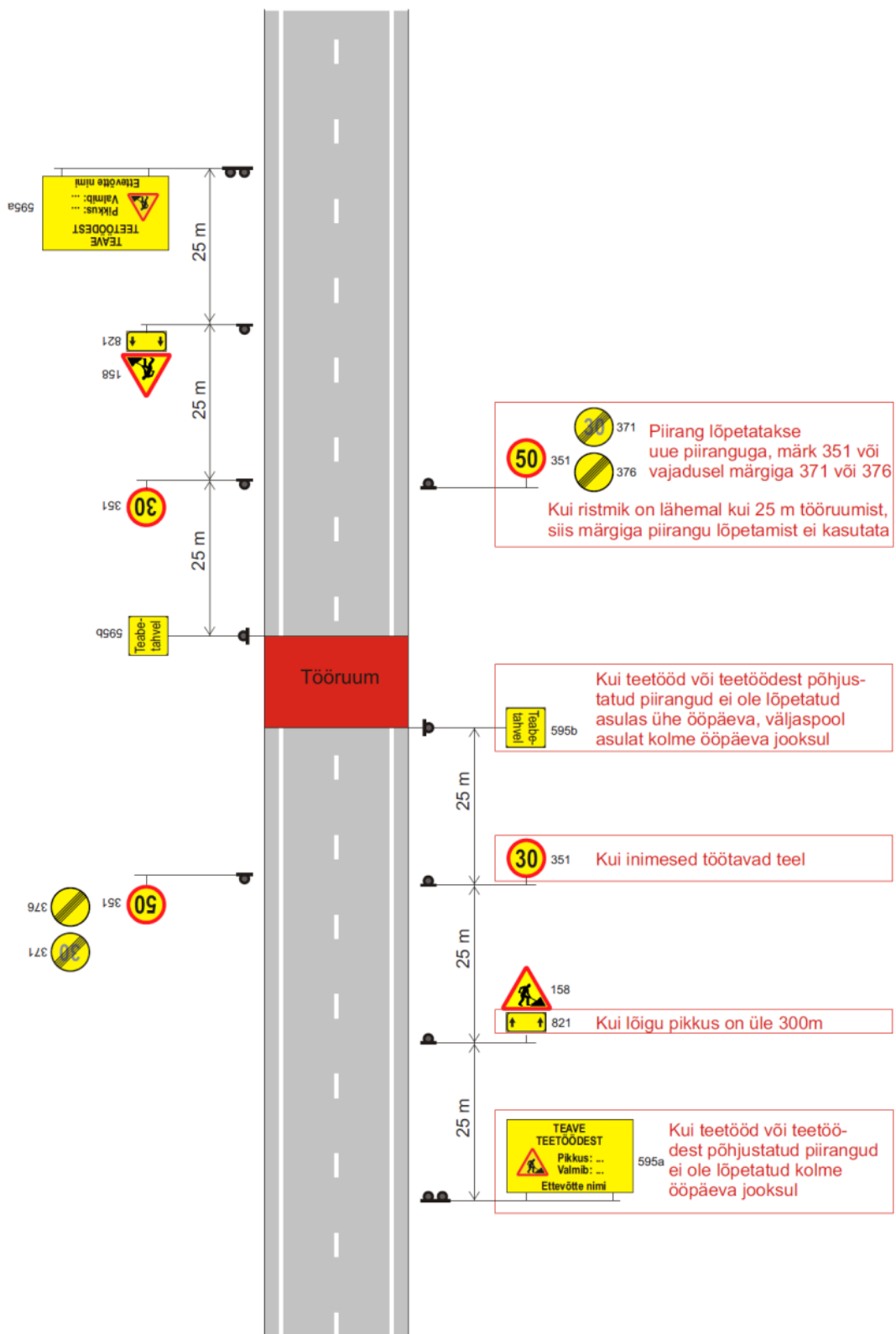
- [56] Innovation At Go Traffic Management, [Võrgumaterjal]. Available: <https://gtm.co.uk/about-us/innovation/>. [Kasutatud: 17. november, 2023].
- [57] Innovation At Go Traffic Management, [Võrgumaterjal]. Available: <https://gtm.co.uk/about-us/innovation/>. [Kasutatud: 17. november, 2023].
- [58] Innovation At Go Traffic Management, [Võrgumaterjal]. Available: <https://gtm.co.uk/about-us/innovation/>. [Kasutatud: 17. november, 2023].
- [59] Innovation At Go Traffic Management, [Võrgumaterjal]. Available: <https://gtm.co.uk/about-us/innovation/>. [Kasutatud: 17. november, 2023].
- [60] Innovation At Go Traffic Management, [Võrgumaterjal]. Available: <https://gtm.co.uk/about-us/innovation/>. [Kasutatud: 17. november, 2023].
- [61] Innovation At Go Traffic Management, [Võrgumaterjal]. Available: <https://gtm.co.uk/about-us/innovation/>. [Kasutatud: 17. november, 2023].
- [62] Innovation At Go Traffic Management, [Võrgumaterjal]. Available: <https://gtm.co.uk/about-us/innovation/>. [Kasutatud: 17. november, 2023].
- [63] Иммитационное моделирование в проектах ИТС, [Võrgumaterjal]. Available: <http://simulation.su/uploads/files/default/2016-uch-posob-jankaziev-virobiev-shadrin-gavriluk.pdf>. [Kasutatud: 20. november, 2023].
- [64] Иммитационное моделирование в проектах ИТС, [Võrgumaterjal]. Available: <http://simulation.su/uploads/files/default/2016-uch-posob-jankaziev-virobiev-shadrin-gavriluk.pdf>. [Kasutatud: 20. november, 2023].
- [65] Иммитационное моделирование в проектах ИТС, [Võrgumaterjal]. Available: <http://simulation.su/uploads/files/default/2016-uch-posob-jankaziev-virobiev-shadrin-gavriluk.pdf>. [Kasutatud: 20. november, 2023].

Lisa 1. Üldtähistuse tüüpskeemid



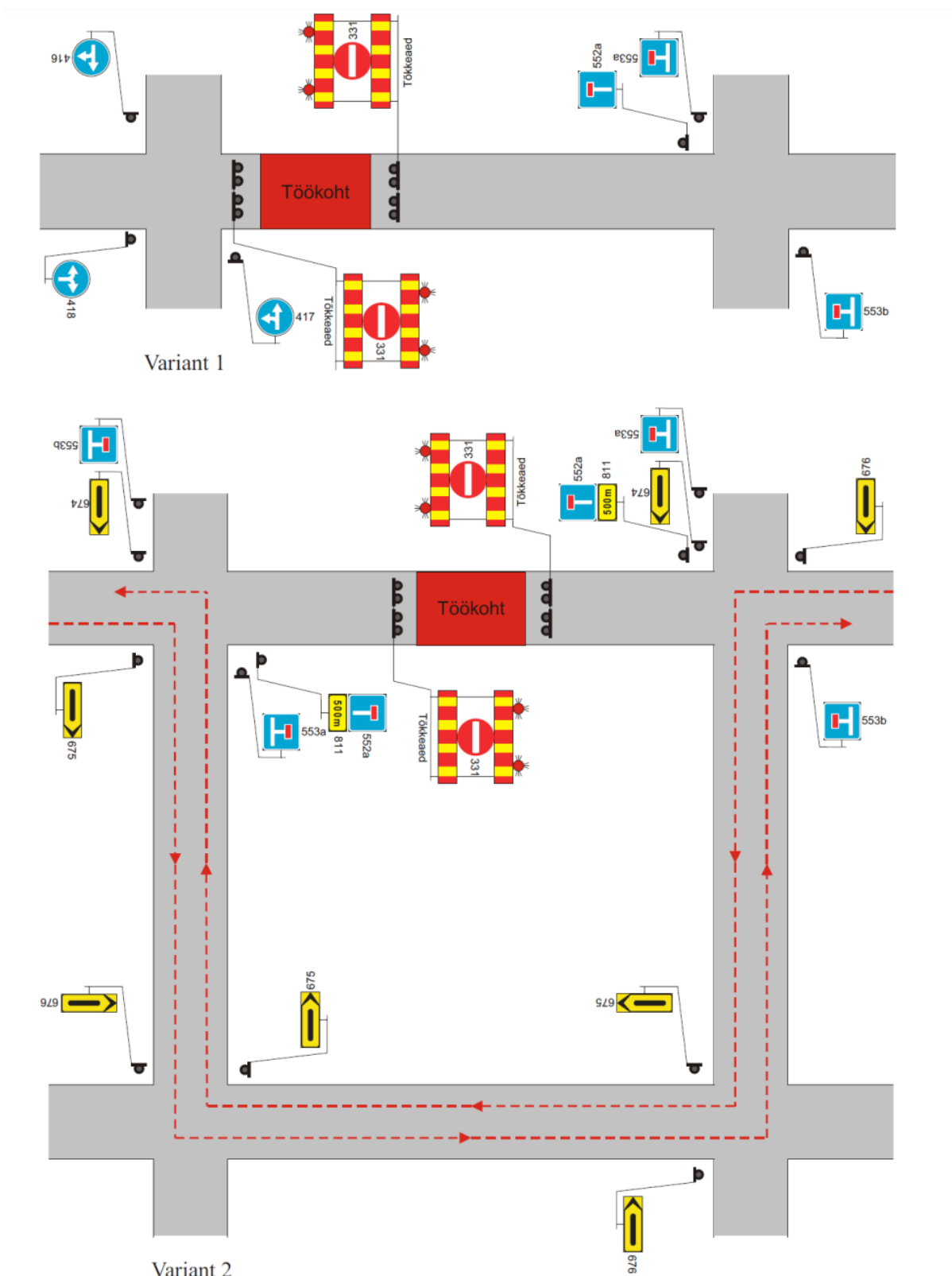
Joonis 6. Teetööde üldtähistus

Lisa 2. Üldtähistuse tüüpskeemid

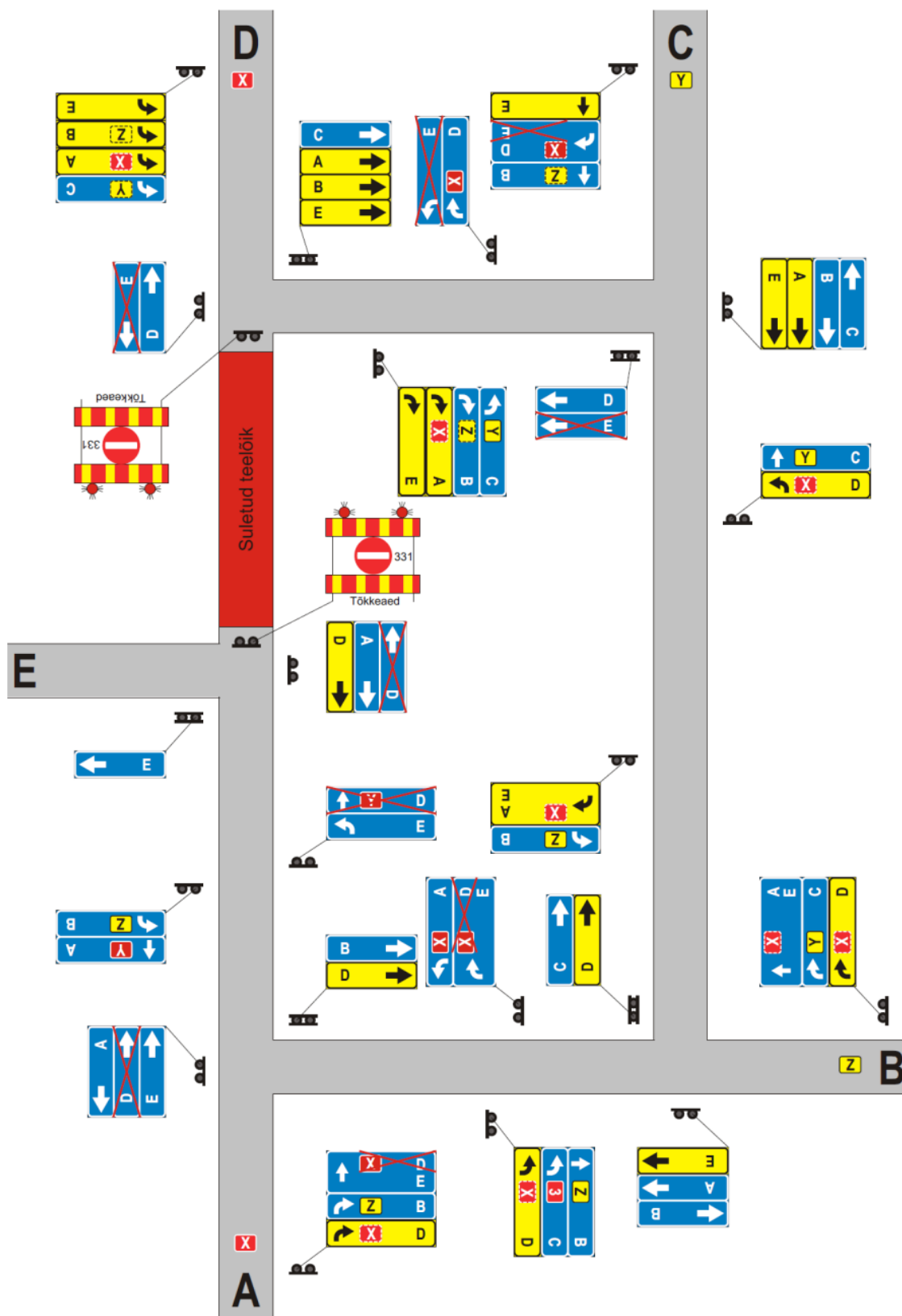


Joonis 7. Teetööde üldine tähistus 50 km/h alas

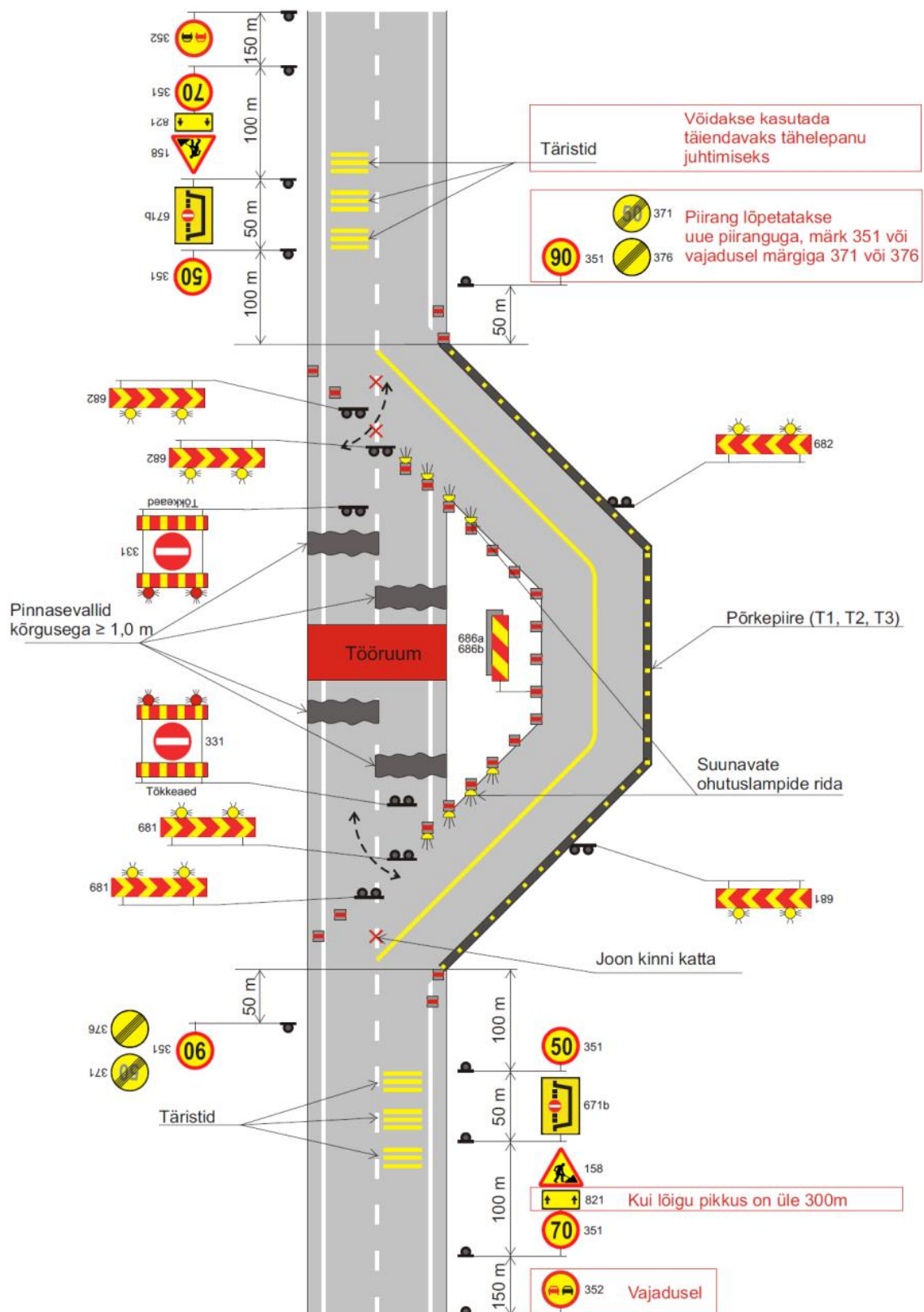
Lisa 3. Ümbersuunamise tüüpskeemid



Joonis 12. Liikuse sulgemine tänaval

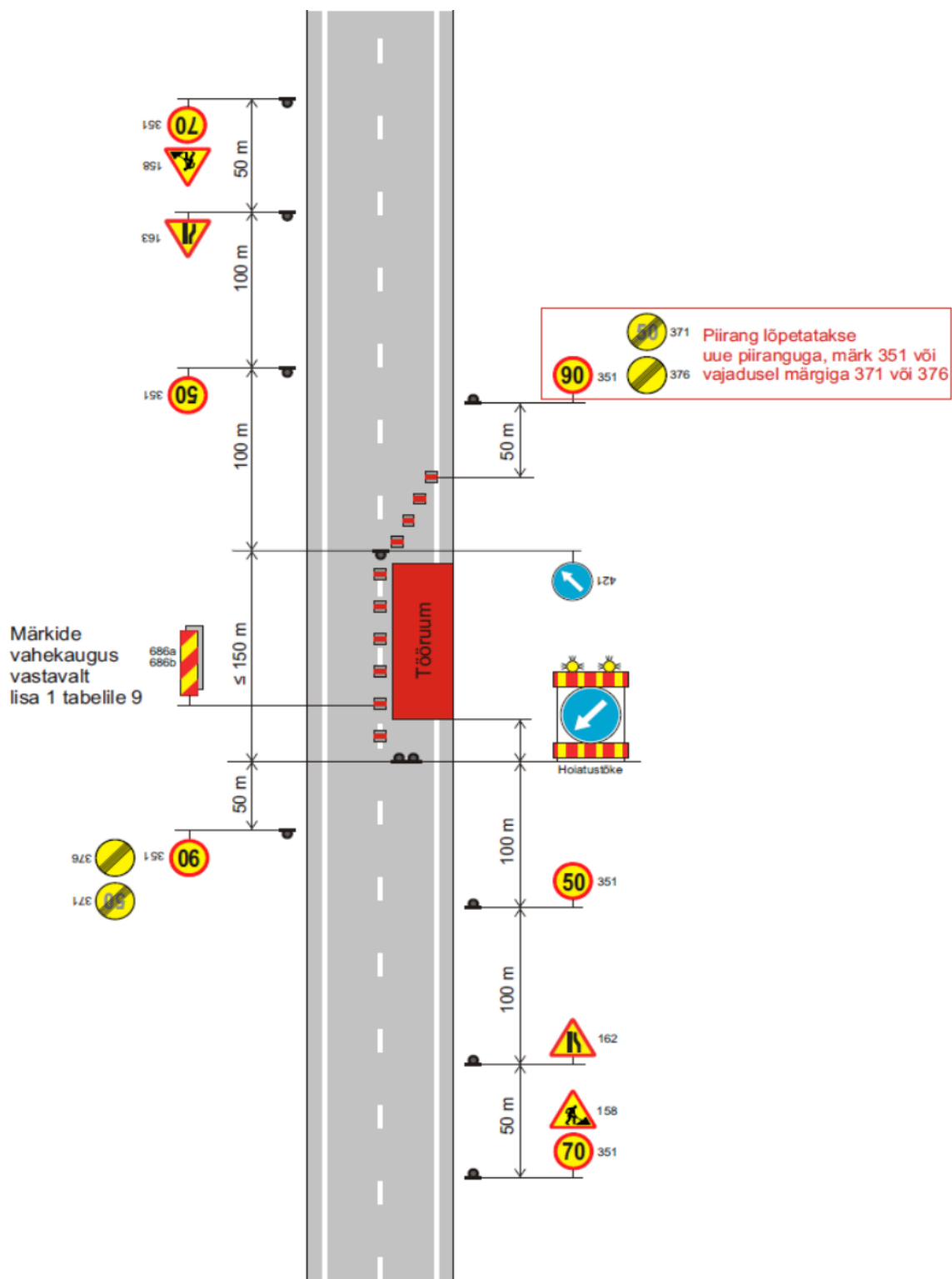


Joonis 13. Ümbersõidu tähistamine

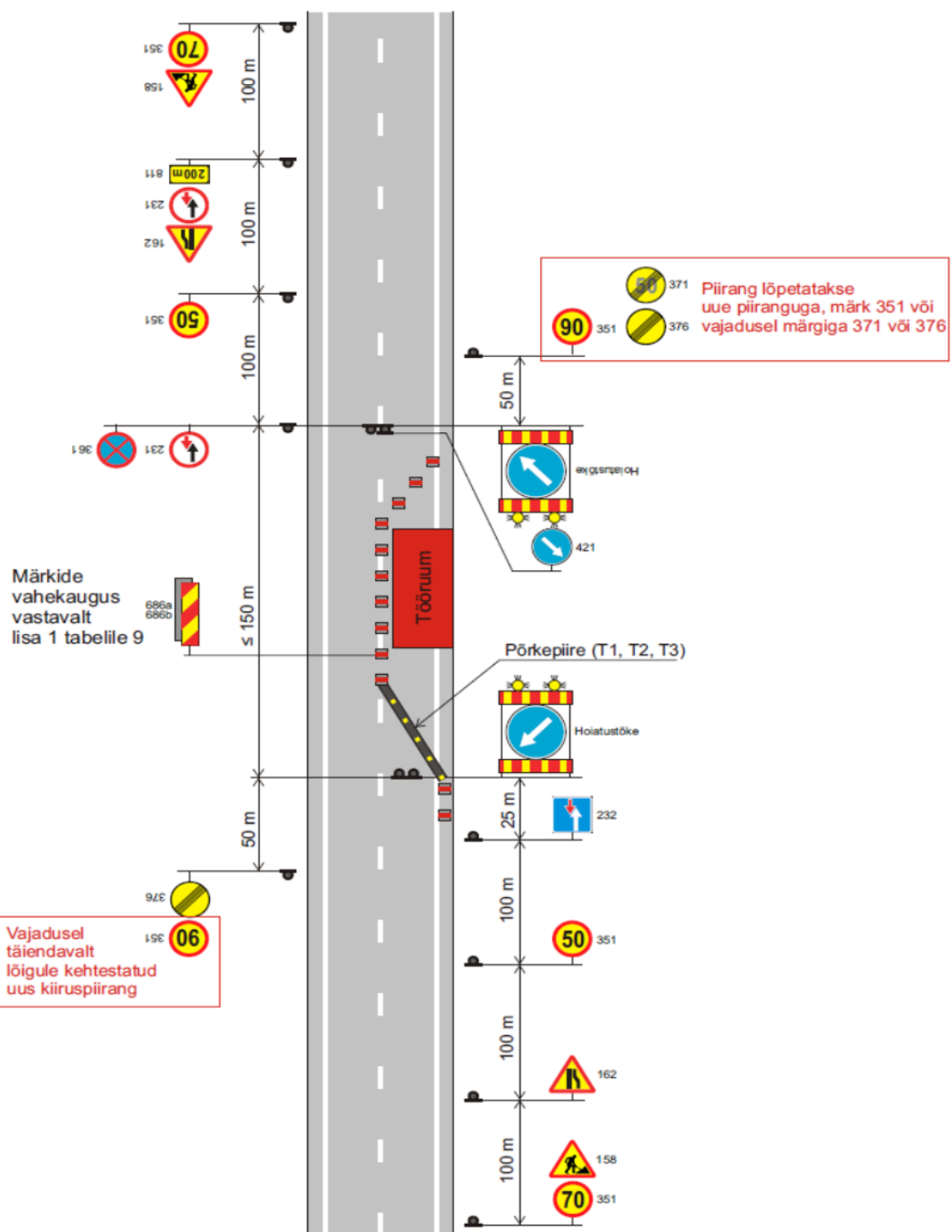


Joonis 14. Liikluse suunamine ajutisele ümbersõidule

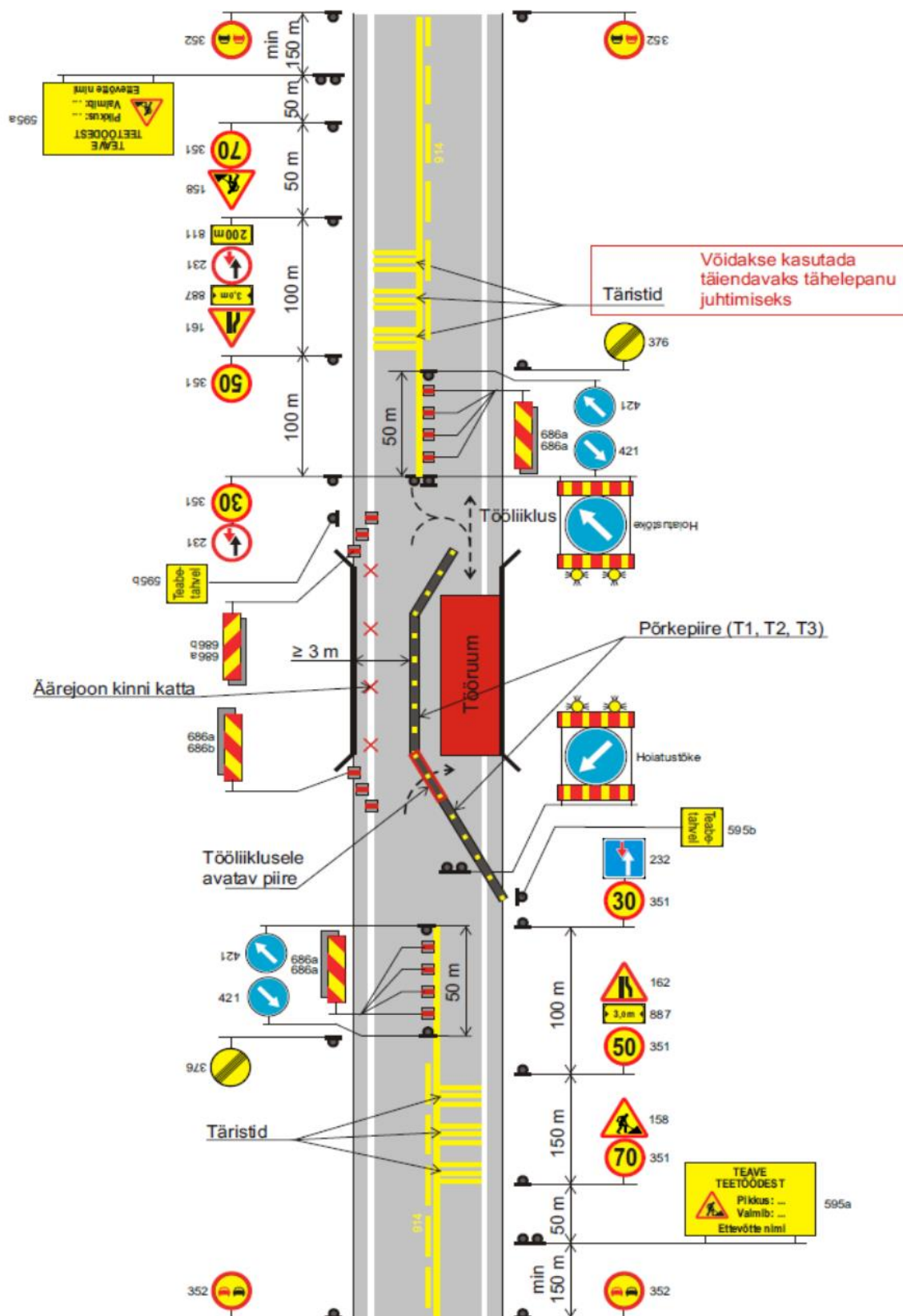
Lisa 4. Tee kitsenemise tüüpskeemid



Joonis 19. Tee kitsenemine ühelt poolt. Tegemist ei ole kaevikuga (liiklus toimub isereguleerimisel).

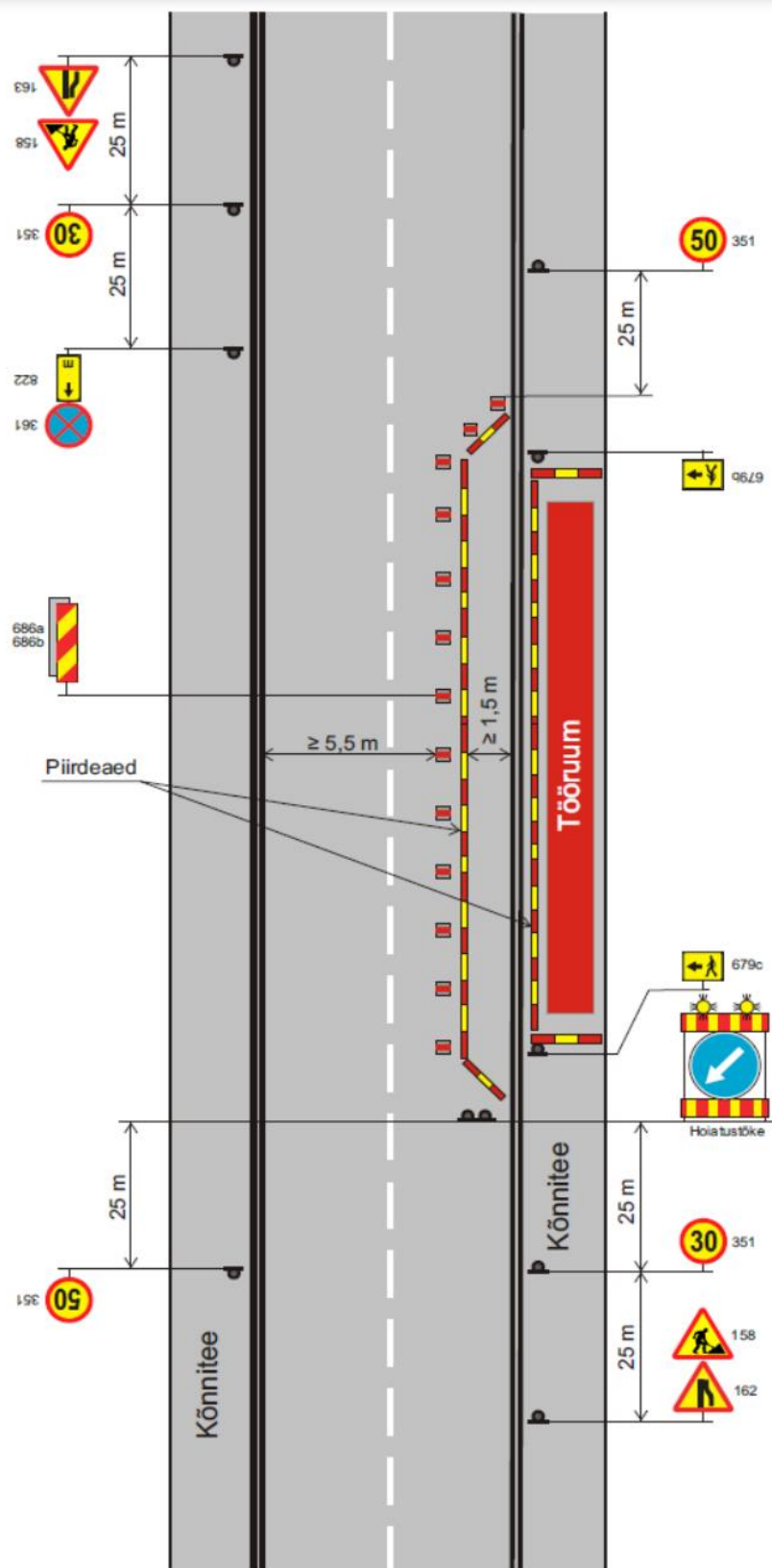


Joonis 21. Tee kitsenemine ühelt poolt, tegemist kaevikuga. Liikluse reguleerimine eesõigusmärkidega 231 ja 232.

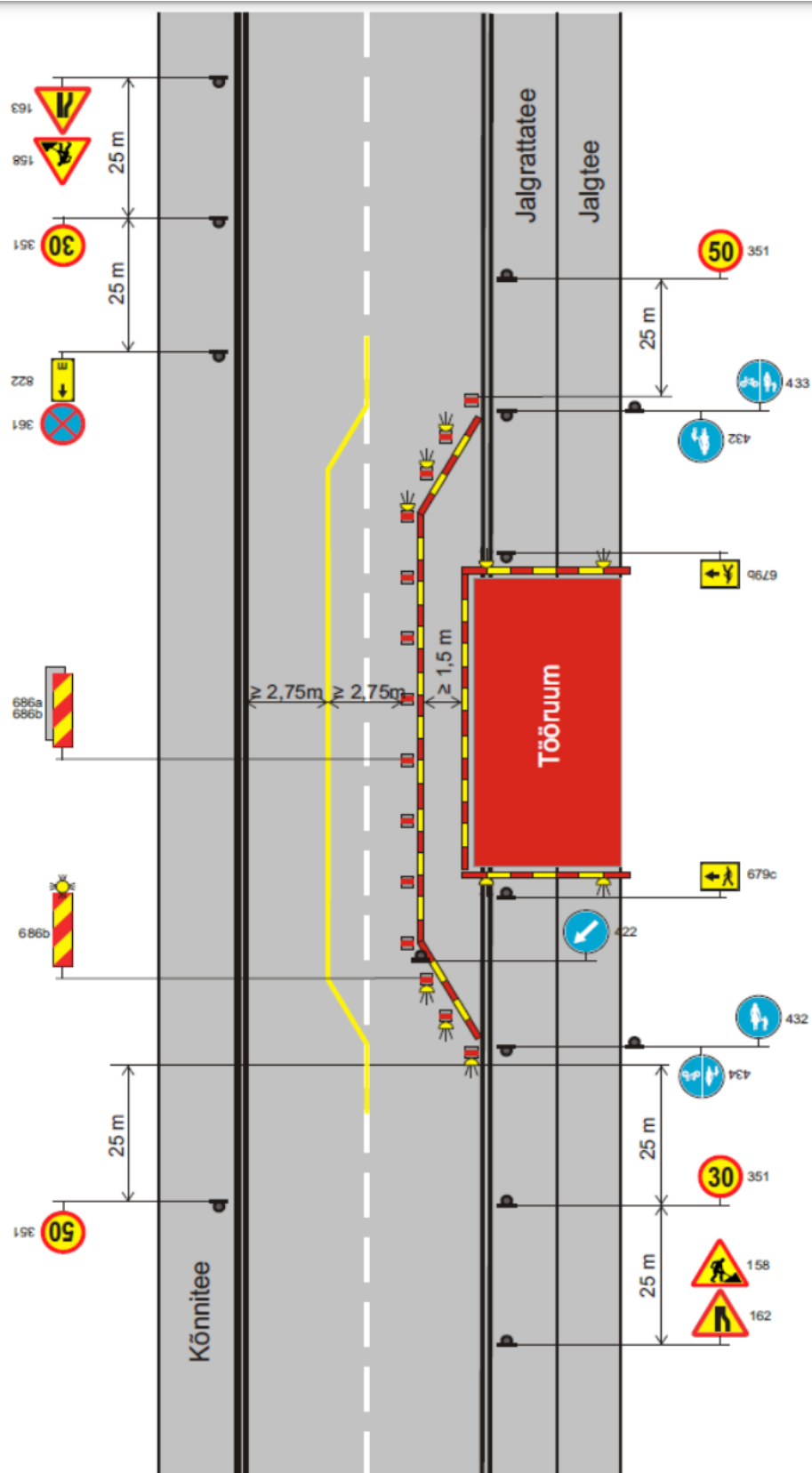


Joonis 22. Silla remont

Lisa 5. Jalakäijate ja jalgratturite suunamise tüüpskeemid



Joonis 33. Jalakäijate suunamine sõiduteele.



Joonis 36. Jalakäijate ja jalgratturite suunamine sõiduteele.

